



# Facultad de Ingeniería de Sistemas y Electrónica

## **Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica**

### **Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico**

## **“DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN TECNOLOGÍA GSM PARA LA EMPRESA FAMILIA CASTRO Y BACA S.A.C.”**

Bachilleres:

**Hamilton Hans Mendez Fajardo  
Javier Alfonso Campos Suárez**

**Lima – Perú  
2016**





# Facultad de Ingeniería de Sistemas y Electrónica

## **Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica**

### **Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico**

## **“DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN TECNOLOGÍA GSM PARA LA EMPRESA FAMILIA CASTRO Y BACA S.A.C.”**

Bachilleres:

**Hamilton Hans Mendez Fajardo  
Javier Alfonso Campos Suárez**

**Lima – Perú  
2016**

## **RESUMEN**

El presente Informe de Suficiencia Profesional presenta el caso de la Empresa FC&B S.A.C., la cual es una empresa familiar que se dedica a la importación, fabricación, desarrollo y comercialización de Balanzas y Sistemas de Pesaje Electrónico. El problema que se detectó en la empresa fue la escasa seguridad con la que contaba su local administrativo, lo cual lo convertía en potencial víctima de un robo. La solución que se desarrollo fue un prototipo de sistema de seguridad basado en tecnología GSM, el cual emitiría mensajes de alerta ante algún intento de robo al inmueble, detectado por los sensores, vía SMS a los teléfonos predefinidos de los usuarios; de tal manera que den pronto aviso a la policía y serenazgo del distrito. El informe se encuentra dividido en cuatro capítulos. El Capítulo 1 se enfoca en la descripción del problema, el objetivo general y los objetivos específicos, el alcance, las limitaciones y la justificación del proyecto. El Capítulo 2 se enfoca en el marco teórico que desarrolla temas como el manejo de comandos AT para el módulo GSM, protocolos de comunicación, microcontroladores PIC, sensores y actuadores. El Capítulo 3 se enfoca en el desarrollo de la solución, es decir el desarrollo de las etapas que componen el sistema, su implementación y su funcionamiento. Finalmente, el Capítulo 4 presenta las pruebas y resultados realizados al sistema.



FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y ELECTRÓNICA

PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO DE DATOS EN PROYECTO

Lima, 25 de Enero de 2016

Yo, **Mesías Apolonio Castro Orihuela**, identificado con DNI N° 25826212, Gerente General, representante de **FC & B S.A.C.**, con RUC N° 20508086378, autorizo a **Javier Alfonso Campos Suárez** utilizar los datos de la organización necesarios para desarrollar su Informe de Suficiencia Profesional referidos al proyecto **"DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN TECNOLOGIA GSM PARA LA EMPRESA FC & B S.A.C."**.

FC & B S.A.C.  
MESIAS CASTRO ORIHUELA  
GERENTE GENERAL

Ing. Mesías Castro O.  
Gerente General

*Especialistas en Balanzas Electrónicas; Electrónica Industrial, electricidad Industrial Automatizaciones en General y Mantenimiento y Servicios, Asesoramiento técnico.*  
Las Begonias Mz. "B" Lta. 26- Puente Piedra Telefax: 5500801 Celular 999703639  
Entel (09)817\*1340 RPM \* 579755 RPC: 991670269  
E-mail: [ventas@fcbsac.com](mailto:ventas@fcbsac.com)  
[fcbsac@fcbsac.com](mailto:fcbsac@fcbsac.com)  
[www.fcbsac.com](http://www.fcbsac.com)



FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y ELECTRÓNICA

PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO DE DATOS EN PROYECTO

Lima, 25 de Enero de 2016

Yo, **Mesías Apolonio Castro Orihuela**, identificado con DNI N° **25826212**, Gerente General, representante de **FC & B S.A.C.**, con RUC N° **20508086378**, autorizo a **Hans Hamilton Méndez Fajardo** utilizar los datos de la organización necesarios para desarrollar su Informe de Suficiencia Profesional referidos al proyecto **"DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN TECNOLOGIA GSM PARA LA EMPRESA FC & B S.A.C."**.

FC & B S.A.C.

MESÍAS CASTRO ORIHUELA  
GERENTE GENERAL

Ing. Mesías Castro O.  
Gerente General

*Especialistas en Balanzas Electrónicas; Electrónica Industrial, electricidad Industrial Automatizaciones en General y Mantenimiento y Servicios, Asesoramiento técnico.*  
Las Begonias Mz. "B" Lte. 26 Puente Piedra Telefax. 5500801 Celular 999703639  
Entel (99)817\*1340 RPM \* 579755 RPC: 991670269  
E-mail: [ventas@fcbsac.com](mailto:ventas@fcbsac.com)  
[fcbsac@fcbsac.com](mailto:fcbsac@fcbsac.com)  
[www.fcbsac.com](http://www.fcbsac.com)

## CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
ASPECTOS GENERALES .....	1
1.1    Definición del Problema .....	1
1.1.1    Descripción del Problema.....	2
1.1.2    Formulación del Problema.....	3
1.2    Definición de Objetivos.....	3
1.2.1    Objetivo General.....	4
1.2.2    Objetivos Específicos .....	4
1.2.3    Alcances y Limitaciones .....	4
1.2.4    Justificación .....	5
1.2.5    Estado del Arte .....	6
1.2.5.1    Tecnología GSM.....	7
1.2.5.2    Modem GSM.....	8
1.2.5.3    Tecnología Arduino.....	9
CAPÍTULO 2.....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1    Sistema GSM .....	10
2.1.1    Arquitectura de la Red GSM .....	11
2.1.1.1    Estación móvil.....	12
2.1.1.2    Subsistema de estaciones base .....	12
2.1.1.3    Subsistema de red .....	13
2.2    Módulo GSM/GPRS SIM900.....	14
2.2.1    Características .....	15
2.2.2    Descripción de Pines.....	16
2.2.3    Comandos AT .....	17
2.2.3.1    Sintaxis de los Comandos AT .....	17
2.3    GPRS/GSM SIM900 Shield.....	18
2.3.1    Descripción del Hardware del GPRS/GSM SIM900 Shield.....	19
2.4    Microcontrolador dsPIC30F3014.....	19
2.5    MPLAB IDE .....	21
2.6    Lenguaje de Programación C/C++ .....	22
2.7    Protocolos de Comunicación.....	22
2.7.1    Comunicación Serial .....	23
2.7.2    Norma RS-232 .....	23
2.8    Sensores .....	24
2.8.1    Sensor de Movimiento Pasivo.....	24

2.8.2 Sensor Magnético .....	25
2.9 Actuadores .....	26
CAPÍTULO 3.....	27
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....	27
3.1 Diagrama de Bloques.....	27
3.2 Prueba de Comunicación del Shield SIM900.....	28
3.3 Prueba de Comunicación entre el Módulo de Desarrollo y el Módulo GSM ..	33
3.4 Diagrama de Flujo del Programa .....	36
3.5 Diagrama de Conexiones.....	38
3.6 Implementación del Prototipo.....	39
CAPÍTULO 4.....	42
RESULTADOS .....	42
4.1 Resultados .....	42
4.1.1 Resultados de Pruebas .....	42
4.1.1.1 Prueba de Recepción de SMS .....	42
4.1.1.2 Prueba de Envío de SMS .....	44
4.1.2 Presupuesto.....	46
4.1.3 Cronograma.....	47
4.1.3.1 Elaboración del WBS o EDT.....	47
4.1.3.2 Diccionario del WBS o EDT .....	48
4.1.3.3 Cronograma de Actividades .....	49
4.1.3.4 Diagrama de Gantt .....	50
CONCLUSIONES .....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	2
Figura 2 .....	8
Figura 3 .....	9
Figura 4 .....	12
Figura 5 .....	16
Figura6 .....	17
Figura 7 .....	19
Figura 8 .....	21
Figura 9 .....	21
Figura 10 .....	24
Figura 11 .....	25
Figura 12 .....	25
Figura 13 .....	26
Figura 14 .....	28
Figura 15 .....	29
Figura 16 .....	29
Figura 17 .....	30
Figura 18 .....	30
Figura 19 .....	31
Figura 20 .....	32
Figura 21 .....	32
Figura 22 .....	32
Figura 23 .....	33
Figura 24 .....	34
Figura 25 .....	35
Figura 26 .....	35
Figura 27 .....	37
Figura 28 .....	38
Figura 29 .....	39
Figura 30 .....	39
Figura 31 .....	40
Figura 32 .....	40
Figura 33 .....	41
Figura 34 .....	41
Figura 35 .....	48
Figura 36 .....	51

Figura 37 .....	51
Figura 38 .....	52

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 ..... 3

Tabla 2 ..... 11

Tabla 3 ..... 15

Tabla 4 ..... 16

Tabla 5 ..... 18

Tabla 6 ..... 19

Tabla 7 ..... 20

Tabla 8 ..... 22

Tabla 9 ..... 23

Tabla 10 ..... 43

Tabla 11 ..... 43

Tabla 12 ..... 44

Tabla 13 ..... 44

Tabla 14 ..... 45

Tabla 15 ..... 45

Tabla 16 ..... 46

Tabla 17 ..... 47

Tabla 18 ..... 49

Tabla 19 ..... 50

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, los avances logrados por el país no han sido acompañados de una buena política de seguridad ciudadana, por lo que cada día que pasa los ciudadanos se sienten más inseguros debido al crecimiento de esta ola delictiva que vivimos; es innegable el incremento de la inseguridad que el país padece. El distrito de Puente Piedra (lugar donde se localiza la empresa en donde se desarrolló el prototipo), según FICHA INFORMATIVA SOBRE SEGURIDAD CIUDADANA DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA (2015), posee unas elevadas cifras en Percepción de inseguridad y en Delitos contra el patrimonio (86.6% y 1888, respectivamente). Por tal motivo, el tema de la seguridad se ha vuelto de gran importancia para los ciudadanos.

El objetivo del presente proyecto es desarrollar el prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM, que monitoree los dispositivos de seguridad instalados en el local de la empresa y genera el envío de mensajes de alerta vía SMS ante la activación de algunos de estos. Para tal fin, se buscará ubicar la correcta distribución de estos dispositivos, lograr su control e integración con el módulo GSM e implementar la red de comunicación entre los elementos que integran el sistema. Su puesta en marcha se debe a la inseguridad observada en la empresa FC&B S.A.C., una inseguridad con respecto al hecho de ser víctimas de un acto delictivo. Así también, a los indicadores del distrito enunciados líneas arriba y al interés de desarrollar una aplicación basada en la tecnología GSM.

Es verdad que existen muchos sistemas de seguridad en el mercado cuyo precio está en correspondencia con la complejidad y eficiencia de estos, pero el proyecto busca alcanzar ser una alternativa para inmuebles, cuyos propietarios, no pueden acceder a estos costosos sistemas y que sirva como una herramienta disuasiva ante hechos delictivos, con uso de tecnologías existentes y de costos accesibles.

## **CAPITULO 1**

### **ASPECTOS GENERALES**

El presente capítulo se divide en dos puntos concretos: La definición del problema y la definición de objetivos. En el primero, se presentará la descripción del problema, el cual se podrá representar a través de la Figura del Árbol de Problemas en donde se resumirán las causas y efectos de este. También se describirá la formulación del problema.

En el segundo punto, presentaremos y definiremos el objetivo general y los objetivos específicos, así como también los alcances y limitaciones del proyecto y la debida justificación de este. Por último, el estado del arte correspondiente.

#### **1.1 Definición del Problema**

En la presente sección se describe el problema observado en la empresa FAMILIA CASTRO Y BACA SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA (en adelante FC&B S.A.C.) y las causas y efectos generadas por este problema, de tal manera que se pueda encontrar la mejor forma de enfrentar estos a través del uso de las tecnologías actuales y con las que cuenta la empresa; de forma que se pueda encontrar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Cómo hacer posible la integración de dispositivos de seguridad (sensores) con un sistema GSM de tal forma que se permita administrar, identificar y filtrar éstos para la generación de las alertas requeridas?

### 1.1.1 Descripción del Problema

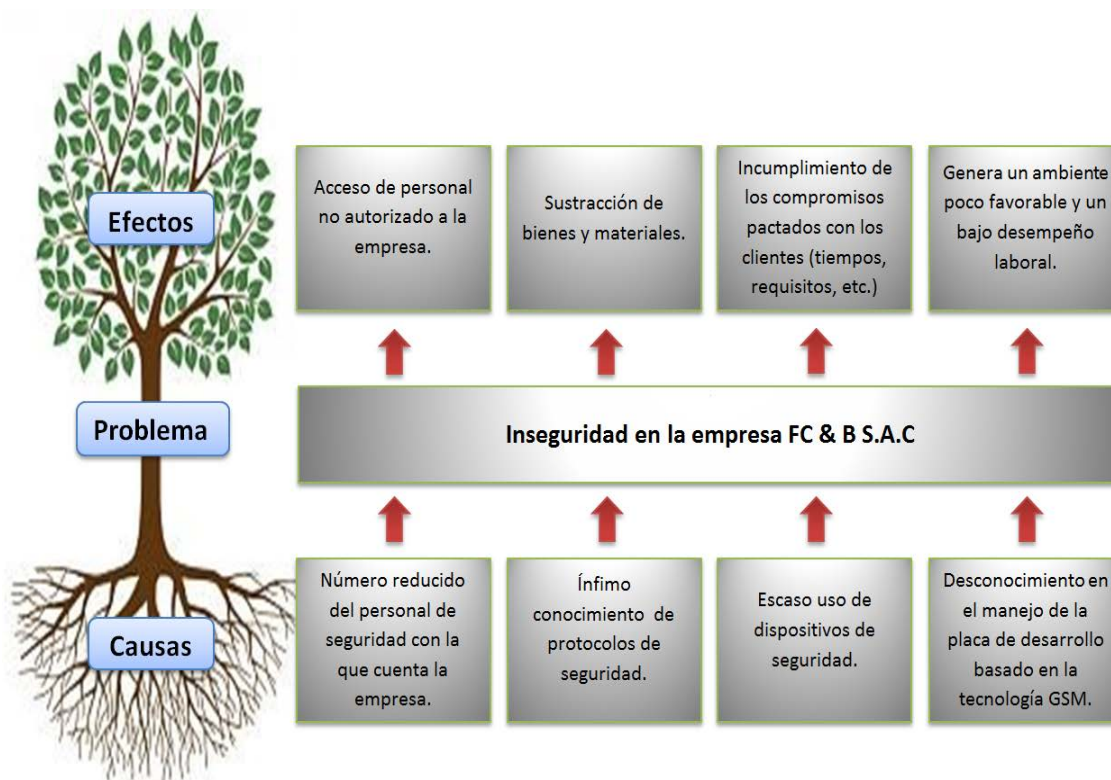
En la actualidad, la inseguridad y el deficiente accionar de las autoridades han generado un ambiente de zozobra entre los ciudadanos, empresas, es decir la sociedad en general.

En el presente caso, como se puede ver en la Figura 1, el reducido personal de seguridad y su mínimo conocimiento de este tema, así como los escasos dispositivos de seguridad instalados y la ignorancia en el manejo de la placa de desarrollo con la que contaba la empresa; origina un ambiente poco favorable para el desempeño de los trabajadores.

Esto trae como consecuencias el robo de materiales, el incumplimiento de los compromisos pactados con sus clientes (referidos a tiempo, requisitos y otros) y las pérdidas económicas generadas a la empresa.

**Figura 1 Árbol de problemas.**

Fuente: Elaboración Propia.



Es así, que la inseguridad existente en la empresa involucra todas las causas y efectos. Las cuales se pueden observar en la Tabla 1 de manera resumida.

**Tabla 1 Causas y efectos.**

Fuente: Elaboración Propia.

Descripción del problema: <b>Inseguridad en la empresa FC &amp; B S.A.C</b>	
CAUSA	EFEECTO
1. Número reducido del personal de seguridad con la que cuenta la empresa.	1. Acceso de personal no autorizado a la empresa.
2. Ínfimo conocimiento de protocolos de seguridad.	2. Sustracción de bienes y materiales.
3. Escaso uso de dispositivos de seguridad.	3. Incumplimiento de los compromisos pactados con los clientes (tiempos, requisitos, etc.)
4. Desconocimiento en el manejo de la placa de desarrollo basado en la tecnología GSM.	4. Genera un ambiente poco favorable y un bajo desempeño laboral.

### **1.1.2 Formulación del Problema**

La actual situación que vive nuestra sociedad, respecto al alarmante incremento de actos delictivos, ha provocado una psicosis social de tal manera que las actividades diarias se vuelvan más estresantes.

Por este motivo, el problema principal en observación por el proyecto es la inseguridad que sufre la empresa FC&B S.A.C, una inseguridad con respecto al hecho de ser víctima de un hecho delictivo y no a una inseguridad relacionada al ámbito laboral o el relacionado a las condiciones de las instalaciones eléctricas, por dar un ejemplo.

### **1.2 Definición de Objetivos**

En las líneas posteriores se describe el objetivo general del proyecto, el cual será consecuencia de la obtención de metas previas, las cuales son definidas como objetivos específicos, que constituirán el objetivo general del proyecto.



### **1.2.1 Objetivo General**

El objetivo general es el configurar e implementar un Prototipo de un Sistema de Seguridad basado en tecnología GSM para la empresa FC&B S.A.C.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Estos tienen como fin establecer pautas a seguir para alcanzar el objetivo general.

A continuación se definen estos:

- Determinar la distribución e instalación de los dispositivos de adquisición de datos.
- Desarrollar el control e integración de los dispositivos de adquisición de datos con la placa de desarrollo basado en tecnología GSM.
- Implementar la red de comunicación entre los elementos que integran el sistema.
- Desarrollar la ejecución de ciertas tareas que el sistema realizará a petición del usuario.

### **1.2.3 Alcances y Limitaciones**

El presente proyecto se desarrolló en función del problema (la inseguridad observado en la empresa FC&B S.A.C.) y lo que se busca alcanzar es el correcto funcionamiento de un sistema de seguridad que genere mensajes de alerta, y que sirva como una herramienta disuasiva ante hechos delictivos. Para tal fin, inicialmente se dispondrá la ubicación de los dispositivos de adquisición de datos (sensores), cuya función será de detectar la presencia de un individuo extraño al establecimiento. Seguidamente, se desarrollará la lógica de funcionamiento del prototipo (programación); para lo cual se hará uso de un microcontrolador, el cual procederá a tomar decisiones de acuerdo a las condiciones configuradas en el desarrollo del programa. Finalmente, se integrará el módulo GSM con el resto de elementos, el cual tendrá la función de comunicar (a un teléfono celular previamente registrado) a través del envío o recepción de un SMS un mensaje de

alerta o una petición de activación/desactivación de alguno de los sensores y actuadores (por ejemplo luces o sirenas).

El desarrollo del proyecto se limita al local administrativo de la empresa, el cual consiste en un inmueble de una planta. Entre otros límites que presenta el proyecto se encuentran:

- El mensaje de alertas sólo será enviado a un número determinado de personas.
- El envío de SMS estará condicionado a la cobertura del servicio de la empresa proveedora, pudiendo ser Claro, Movistar o Entel.
- El funcionamiento del sistema estará sujeto al desempeño de la red eléctrica, es decir no cuenta con un sistema de respaldo.
- El envío de SMS dependerá de la adquisición de un plan de servicio celular, cuyo costo será cubierto por la empresa en dicho local.

Finalmente, para una mayor seguridad de la empresa, se deberá llevar a la par una capacitación del funcionamiento del sistema al personal de seguridad.

#### **1.2.4 Justificación**

El tema de inseguridad es un tema importante para la ciudadanía, en este caso los índices que muestra el Distrito de Puente Piedra, donde se localiza la empresa, con respecto a la percepción de inseguridad según FICHA INFORMATIVA SOBRE SEGURIDAD CIUDADANA DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA (2015) es alta, alrededor del 86.%.

En razón a que la empresa desarrolla sus actividades en este distrito y que padece de una escasa seguridad, es que se decide llevar adelante este proyecto, que beneficiará directamente a la empresa, evitando demoras, condicionamientos y pérdidas económicas que podrían obligar a su cierre definitivo. De tal manera que le permitirá llevar a cabo su labor en un ambiente más favorable y productivo, pero más importante aún, el cumplir con sus compromisos.

### 1.2.5 Estado del Arte

En el Estado del Arte se describirá las tecnologías, procedimientos y conceptos que se han descubierto en investigaciones que han dado solución a problemas similares al que se presenta en este trabajo. Por tal motivo, será necesario que de aquellos se pueda establecer que es lo que investigaron, cuál fue el problema y cómo lo enfrentaron. De manera que ayude a establecer algunos límites para definir la forma en cómo enfrentar y analizar el problema. A continuación se reseña algunos trabajos consultados.

(Kodavati et al., s.f.), en su estudio *Gsm and Gps Based Vehicle Location and Trackind System* investigó las tecnologías GSM y GPS como base para los Sistemas de Localización y Rastreo de Autos. Aquí se observó que el problema era el robo de autos, debido a la fragilidad de los sistemas de seguridad existentes. Ante esto, se propone un sistema que consta de un módulo a bordo del auto (formado por un modem GSM y un GPS, controlados por un microcontrolador) y una estación base que monitoreara el auto. En este se conectará un transmisor RF que se comunicará continuamente con un receptor RF localizado en un módulo a bordo. El RF avisará al microcontrolador si no recibe señal, lo cual indicará el robo del auto y automáticamente se enviará un SMS con la localización del auto. También podrá enviar una contraseña vía SMS para que pueda detener el auto. De esta manera se ofrece un sistema más simple y de bajo costo técnico comparado con otros.

(Hidalgo, 2015) en su tesis de grado *Diseño e Implementación de un Sistema de Adquisición De Señales Biométricas mediante Mensajes SMS* investigó la tecnología Arduino, GSM, sensores de temperatura corporal e hizo uso de lenguaje de programación C. El problema al que buscó dar solución fue la deficiencia y demora de atención a los pacientes. Para esto, hizo uso de sensores biométricos que son capaces de adquirir muestras de la temperatura de la

persona, para luego de ser transformadas a datos entendibles; ser enviadas al teléfono celular de su médico de cabecera. Quien podrá dar de manera rápida y ágil los resultados requeridos por los pacientes. Así, se ofrece un sistema para la adquisición de la señal biométrica tan solo con el contacto directo a la persona y con un error mínimo, además de enviar mensajes sin dificultades al receptor.

(Villacrés, 2013) en su tesis *Desarrollo de un Prototipo de Asistencia Móvil para personas con problemas de Insuficiencia Auditiva mediante comunicación Zigbee y su Monitorización usando Tecnología GSM* investigó la tecnología Zigbee, la tecnología GSM y diferentes sensores para el hogar. Él busco dar solución a la problemática de las personas con problemas de audición desarrollando un prototipo que les brindaría asistencia a través de una alerta visual y vibratoria, producto de la activación de los sensores los cuales se comunicarían por medio de la tecnología Zigbee. Así también, este prototipo les permitiría estar monitoreados por un familiar a través de un celular haciendo uso de la tecnología GSM.

En base de lo investigado, se describirá algunas de las tecnologías descritas en estos trabajos.

#### **1.2.5.1 Tecnología GSM**

Según Wheat, Hiser, Tucker, Neely y McCullough (s.f.), la tecnología GSM (Global System for Mobile Communications) es un estándar internacional para la transmisión de voz y datos sobre teléfonos móviles. Utilizando tres componentes por separado de la Red GSM, este tipo de comunicación es realmente portable. Un usuario puede colocar una tarjeta de identificación, conocida como tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) en un dispositivo móvil, y el dispositivo adoptará la información y configuración personal de ese usuario. Esto incluye número telefónico e información de facturación.

La Arquitectura usada por GSM consiste de tres componentes principales: Una Estación Móvil, Subsistema de Estación Base y un Subsistema de Red. Estos componentes trabajan en tándem para permitir al usuario viajar sin interrupción del servicio, mientras ofrecen la flexibilidad de tener cualquier dispositivo utilizado permanentemente o temporalmente por cualquier usuario.

#### **1.2.5.2 Modem GSM**

Se puede definir un modem GSM como un dispositivo inalámbrico que funciona en la red GSM, este puede realizar enlaces para transmisión de voz y datos. Por otro lado, un módem GSM/GPRS es un dispositivo que cuenta con soporte adicional para la tecnología GPRS (General Packet Radio Service), para la transmisión de datos. Este se basa en una tecnología de conmutación de paquetes, como una extensión a GSM. Una de sus ventajas es que tiene una velocidad de transmisión de datos mucho más alto.

Los módulos GSM/GPRS se diferencian de los módem GSM/GPRS en que aquellos pueden ser integrados dentro de un equipo (Montania, 2013). Se puede observar en la Figura 2 el módulo GSM/GPS, uno de los diferente módulos que podemos encontrar en el mercado.

**Figura 2: Localizador GSM/GPS con PIC y módulos SIM908.**

Fuente: <http://www.automatismos-mdq.com.ar/blog/2012/06/localizador-gsmgps-con-pic-y-modulo-sim908.html>

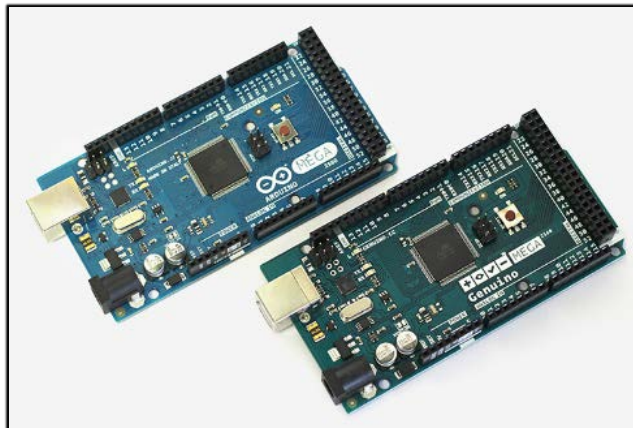


### 1.2.5.3 Tecnología Arduino

Es una plataforma de código abierto basado en hardware y software de fácil uso. La placa consta de un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entradas y salida, diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios; también tiene un bajo costo que permite múltiples diseños. Utiliza un lenguaje de programación arduino (basado en wiring) y el software arduino (IDE), basado en Processing (Arduino, 2015). Podemos observar en la Figura 3 el Arduino MEGA, uno de los diferentes tipos que podemos encontrar en el mercado.

**Figura 3: Arduino MEGA.**

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>



## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEORICO**

En este capítulo se da a conocer las tecnologías relacionadas al presente trabajo. Se examinan temas como el sistema GSM, la arquitectura de una red GSM, los microcontroladores PIC y el módulo SIM900. Se define el concepto de protocolos de comunicación y la norma RS-232. Así también, las bondades y características del lenguaje de Programación C/C++. Finalmente, se describe los diversos sensores y actuadores que se aplican en el desarrollo del proyecto.

#### **2.1 Sistema GSM**

El sistema GSM es un sistema de telecomunicaciones digitales celulares, cuyo ámbito es muy amplio y cubre aspectos concernientes a todos los elementos de una red pública de comunicaciones móviles terrestres (PLMN, Public Land Mobile Network), desde los equipos de abonado hasta las interfaces con otros tipos de redes.

La red GSM proporciona enlaces de comunicación entre los usuarios del servicio de comunicaciones móviles incluso si estos se encuentran en células distintas o en el dominio de diferentes operadoras, así como conexiones entre usuarios del servicio de comunicaciones móviles y usuarios de las red fijas. De esto se desprende dos conceptos básicos:

- Traspaso (handover): Capacidad de mantener la conexión mientras el usuario se desplaza de una celda a otra.

- Itinerancia (roaming): Permite al usuario transitar entre varios operadores, incluso de diferentes países.

Así también, la red GSM proporciona al usuario cierta capacidad de movilidad personal, gracias al módulo de identidad del suscriptor (SIM, Subscriber Identity Module). Esta tarjeta contiene el número personal del abonado y le permite acceder a los servicios de la red desde cualquier terminal (España, 2003). En la Tabla 2 se resume las especificaciones del sistema GSM.

**Tabla 2: Resumen de las especificaciones del sistema GSM.**

Fuente: [http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm\\_technical/gsm\\_introduction.php](http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm_technical/gsm_introduction.php)

SPECIFICATION SUMMARY FOR GSM CELLULAR SYSTEM	
Multiple access technology	FDMA / TDMA
Duplex technique	FDD
Uplink frequency band	890 - 915 MHz (basic 900 MHz band only)
Downlink frequency band	933 -960 MHz (basic 900 MHz band only)
Channel spacing	200 kHz
Modulation	GMSK
Speech coding	Various - original was RPE-LTP/13
Speech channels per RF channel	8
Channel data rate	270.833 kbps
Frame duration	4.615 ms

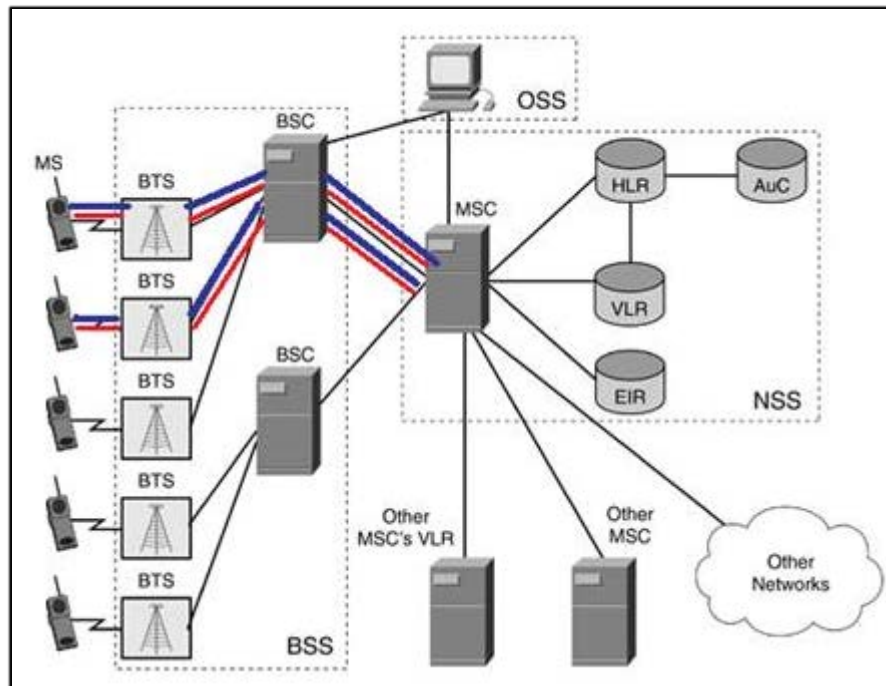
### 2.1.1 **Arquitectura de la Red GSM**

La arquitectura de una red GSM se compone básicamente de la Estación móvil (MS, Mobile Stations), el Subsistema de estaciones base (BSS, Base Station Subsystem) y el Subsistema de red (NSS, Network Subsystem). En la Figura 4 se observa la arquitectura de esta red.



**Figura 4: Arquitectura de una red GSM.**

Fuente: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/telecom/2009/12/12/soluciones-de-local-call-local-switch/>



#### **2.1.1.1 Estación móvil**

Estación móvil (MS): Está compuesto por el Mobile Equipment y por el Subscriber Identity Module (SIM).

- ME (Mobile Equipment): Es el terminal en sí y está identificado por el IMEI (International Mobile Equipment Identity) el cual es un número de 15 cifras.
- SIM (Subscriber Identity Module): identifica al usuario de la red, su información es protegida por el Identificador de usuario IMSI (International Mobile Subscriber Identity).

#### **2.1.1.2 Subsistema de estaciones base**

Subsistema de estaciones base (BSS): Este controla la interface de radio y está compuesto por la Base Transceiver Station (BTS) y por una Base Station Controller (BSC), los cuales se comunican entre sí.

- BTS (Base Transceiver Station): Puede haber una o más por BSS, contiene los transmisores / receptores que sirven a una celda para la comunicación bidireccional.
- BSC (Base Station Controller): Gobierna los recursos radio para las BTS a él conectadas. Gestiona y configura el canal radio (elección de la celda y el canal) y gestiona los handover.

### **2.1.1.3 Subsistema de red**

Subsistema de red (NSS, Network Subsystem): Permite la interconexión entre la BSS con otras redes públicas (PSTN, ISDN, PSPDN, CSPDN). Así también, implementa las funciones de base de datos necesarias para la identificación de usuarios y terminales, localización de estos, conducción de llamadas, facturación, otros. Está compuesto por el Mobile Switching Center (MSC), el Home Location Register (HLR), Visitor Location Register (VLR), Authentication Center (AuC) y el Equipment Identity Register (EIR).

- MSC (Mobile Switching Center): Es el elemento central del NSS, el cual se ocupa de la gestión del tráfico de una o más BSS, interconexiona todos los demás elementos del NSS y se encarga de la gestión de llamadas (Autenticación de la llamada, Conmutación entre BSS del mismo NSS o con otros MSC o redes, Funciones de gateway con otras redes).
- HLR (Home Location Register): Este contiene información sobre el usuario (servicios contratados, posición actual del MS, IMSI (International Mobile Subscriber Identity), MSISDN (Mobile Station Integrated Services Digital Network)). Se encarga de la seguridad, la actualización del registro de posición, costo de llamada, otros.
- VLR (Visitor Location Register): Posee una base de datos que contiene información del abonado en el área geográfica bajo su control (TMSI, Estado del MS, Estados de los servicios suplementarios, otros), estos

datos son suministrados por el HLR. Se suele implementar en el MSC para simplificar la señalización.

- AuC (Authentication Center): Este verifica si el servicio es solicitado por un abonado legítimo. Para esto se verifica el IMSI sin transmitir información personal del abonado para luego generar claves a partir del IMSI. Estas claves son usadas para la encriptación de la información, estos junto con los códigos de autenticación se almacenan en el SIM. La autenticación se produce cada vez que el MS se conecta a la red, recibe o efectúa una llamada, cuando se actualiza la posición, cada vez que se realiza acceso a alguno de los servicios suplementarios.
- EIR (Equipment Identity Register): Este verifica si un ME está autorizado para acceder al sistema, para esto revisa sus tres Listas: Lista Blanca (IMEI que pueden acceder a la red), Lista Gris (IMEI marcados y no homologados. Son monitoreados por la red) y la Lista Negra (IMEI bloqueados). Cada vez que un ME intenta acceder a la red la MSC verifica mediante el EIR la lista a la que pertenece el ME, tomando las acciones necesarias.

Finalmente el OSS (Operation Support System) o Sistema de operación y mantenimiento, se encarga de la monitorización y mantenimiento de la red por parte del operador; permitiéndole realizar la gestión de alarmas y estado del sistema, recoger información del tráfico de los usuarios, supervisar el flujo de tráfico, reconfigurar la red mediante acceso remoto y la administración de los abonados (Nicola, s.f.).

## **2.2 Módulo GSM/GPRS SIM900**

EL módulo SIM900 es un módulo inalámbrico ultra compacto y confiable. Este es un completo módulo Quad-band GSM/GPRS, del tipo SMT (Surface Mounting Technology) y diseñado con un potente procesador de un solo chip y núcleo integrado

AMR926EJ-S, permitiendo al usuario beneficiarse de pequeñas dimensiones y soluciones rentables.

Con una interfaz estándar de la industria, el SIM900 ofrece un desempeño en GSM/GPRS en las bandas 850/900/1800/1900 MHz para voz, SMS, Data y Fax; en un pequeño factor de forma y con bajo consumo de energía. Su tamaño de 24mm x 24mm x 3mm, le permite encajar en casi todos los requerimientos de espacio para aplicaciones M2M (machine to machine), especialmente para diseños compactos y delgados. M2Mcom (2007).

### 2.2.1 **Características**

Las características generales y las especificaciones para SMS vía GSM/GPRS que ofrece el SIM900 se puede observar en la Tabla 3: Características Generales y Especificaciones para SMS. Para observar las especificaciones completas puede dirigirse a la fuente de la tabla.

**Tabla 3: Características Generales y Especificaciones para SMS.**

Fuente: <http://www.simcom.ee/modules/gsm-gprs/sim900/>

Características Generales y Especificaciones para SMS	
Características Generales	Especificaciones para SMS vía GSM/GPRS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz</li> <li>• GPRS multi-slot clase 10/8</li> <li>• GPRS estación móvil clase B</li> <li>• Cumple con GSM phase 2/2+</li> <li>• Clase 4 (2 W @850/ 900 MHz)</li> <li>• Clase 1 (1 W @ 1800/1900MHz)</li> <li>• Dimensiones: 24*24*3mm</li> <li>• Peso: 3.4g</li> <li>• Control via comandos AT (GSM 07.07 ,07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)</li> <li>• SIM application toolkit</li> <li>• Rango de Fuente de Voltaje: 3.1 ... 4.8 V DC</li> <li>• Bajo consumo de energía: 1.5 mA (modo sleep)</li> <li>• Temperatura de Operación: -40°C a +85 °C</li> <li>• Interfaz serial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMS cell broadcast</li> <li>• Modo texto y modo PDU</li> <li>• Punto a punto MO y MT</li> </ul>

### 2.2.2 Descripción de Pines

La descripción de los pines más importantes para el presente trabajo son descritos en la Tabla 4: Descripción de Pines (SIMCOM, 2013). En la Figura 5 se presenta la descripción desde una vista superior del SIM900.

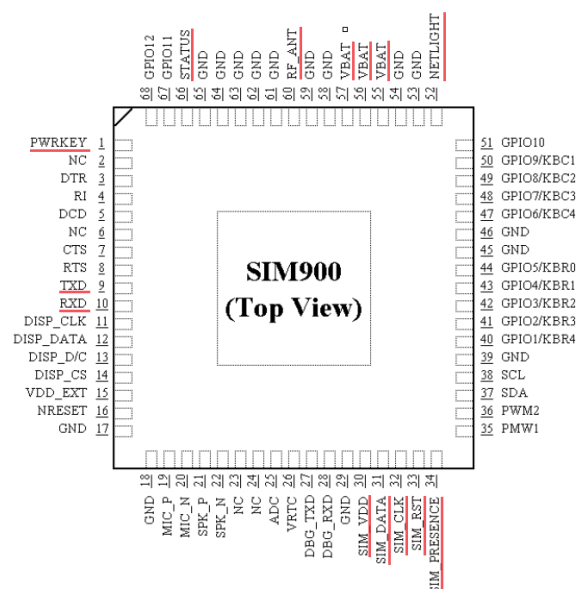
**Tabla 4: Descripción de Pines.**

Fuente: Elaboración Propia

Descripción de Pines			
Nombre del Pin	Número de Pin	I/O	Descripción
PWRKEY	1	I	Debe ser puesto en bajo al menos 1 segundo y luego liberado para encender/apagar el modulo.
TXD	9	O	Transmite Datos
RXD	10	I	Recepciona Datos
SIM_VDD	30	O	Fuente de voltaje para SIM card. Soporta SIM card de 1.8V o 3V
SIM_DATA	31	I/O	Ingreso/Salida de datos de SIM
SIM_CLK	32	O	SIM clock
SIM_RST	33	O	SIM reset
SIM_PRESENCE	34	I	Detecta SIM card
NETLIGHT	52	O	Network status
VBAT	55, 56, 57	I	Fuente de Alimentación
RF_ANT	60	I/O	Conexión de la antena
STATUS	66	O	Estado de encendido

**Figura 5: Vista Superior SIM900.**

Fuente: SIMCOM (2013). SIM900\_Hardware Design\_V2.05 (pp. 14-15)



### 2.2.3 Comandos AT

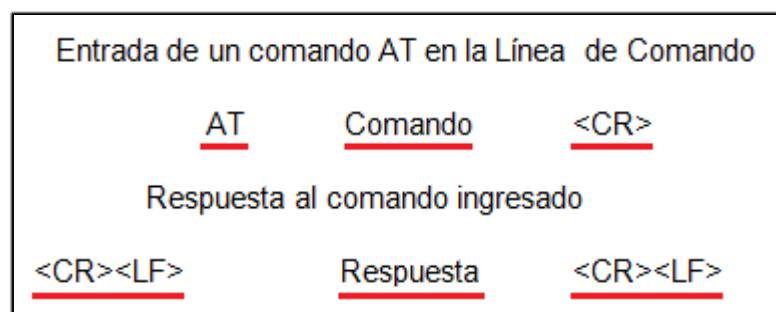
Los comandos AT fueron introducidos por primera vez a principios de los 80 por Dennis Hayes, en razón a esto, son también conocidos como los comandos Hayes. Estos se expresan mediante caracteres ASCII y son interpretados por el modem a medida que los recibe, emitiendo como respuesta los caracteres OK, valores numéricos u otro tipo de mensaje. Solo permiten trabajar en modo asíncrono (Huidobro, 2005).

#### 2.2.3.1 Sintaxis de los Comandos AT

Un comando AT consiste en un conjunto de caracteres enviados desde un terminal, respetando una sintaxis general. La sintaxis de un comando AT y la respuesta a este se observa en la Figura 6.

**Figura 6: Sintaxis de un Comando AT.**

Fuente: Elaboración Propia



Todos los comandos AT pueden dividirse en tres categorías sintácticamente, estas pueden observarse en la Tabla 5, las dos primeras tienen un formato definido; mientras la última difiere en su formato respecto al modo en que opera (SIMCOM, 2010).

**Tabla 5: División Sintáctica de los Comando AT.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>División Sintáctica de los Comandos AT</b>	
<b>Sintaxis Básica</b>	
<p style="text-align: center;">AT &lt;x&gt; &lt;n&gt;</p> <p>Donde:            &lt;x&gt;: Comando            &lt;n&gt;: Argumento para el comando</p>	
<b>Sintaxis Parámetros S</b>	
<p style="text-align: center;">AT &lt;n&gt; = &lt;m&gt;</p> <p>Donde:            &lt;n&gt;: Índice del registro S por configurar            &lt;m&gt;: Valor por asignar al registro</p>	
<b>Sintaxis Extendida</b>	
<i>Test Command</i>	AT+<x>=?
Retorna el rango de opciones posibles que se puede configurar en el modulo	
<i>Read Command</i>	AT+<x>?
Retorna el valor configurado	
<i>Write Command</i>	AT+<x>=<...>
Configura un parámetro	
<i>Execution Command</i>	AT+<x>
Lee parámetros afectados por un proceso interno	

### **2.3 GPRS/GSM SIM900 Shield**

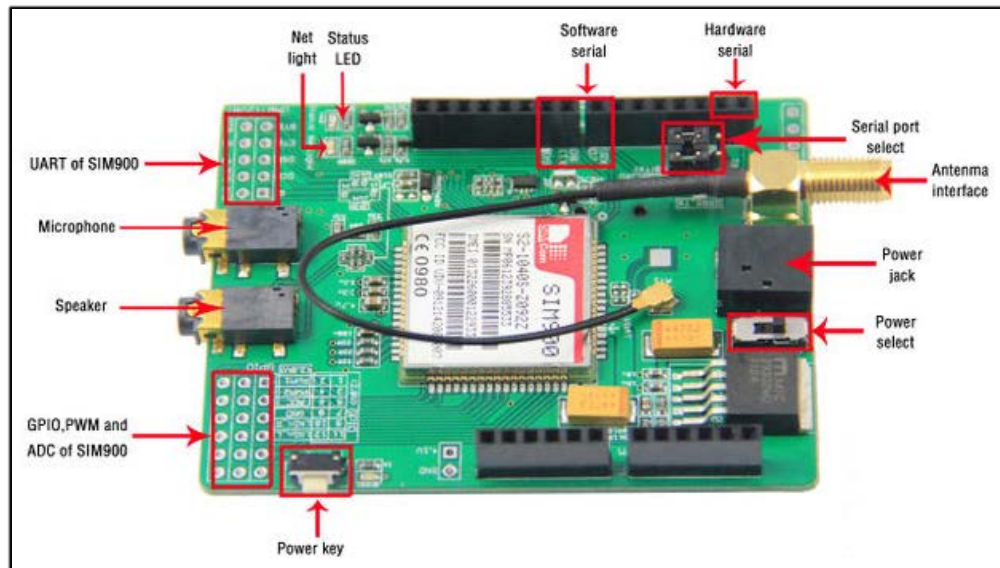
El Shield está basado en el módulo SIM900 de SIMCOM y es compatible con otros módulos de desarrollo como Arduino y sus clones. Este Shield nos provee un medio de comunicación usando la red telefónica celular GSM y nos permite realizar SMS, MMS via UART por mediante el envío de comandos AT (GEEETECH, 2015). Sus características son las mismas que presenta el módulo SIM900.

### 2.3.1 Descripción del Hardware del GPRS/GSM SIM900 Shield

En la Figura 7 podemos observar el hardware que posee el Shield mientras que la Tabla 6 detalla algunos de estos.

**Figura 7: Descripción del Hardware.**

Fuente: <http://www.geeetech.com/gprsgsm-sim900-shield-board-arduino-compatible-p-610.html>



**Tabla 6: Descripción de Pines del Hardware.**

Fuente: Elaboración Propia

Descripción de Pines del Hardware	
Item.	Función.
Power select.	Selecciona la fuente de poder para el Shield (externa o 5v de un arduino).
Power jack.	Se conecta a una fuente externa (4.8 - 5V DC).
Power key.	Enciende/Apaga el SIM900.
Antenna interface.	Lugar en que se conecta la antena.
Status LED.	Indica si el SIM900 esta encendido.
Net light.	Indica si el SIM900 se conectó a la red.
Serial port select.	Selecciona el software/hardware serial port que será conectado al Shield.
UART of SIM900.	Pines del UART del SIM900.

### 2.4 Microcontrolador dsPIC30F3014

Los dsPIC's son controladores digitales de señales (DSC) que facilita a los usuarios la transición al campo de las aplicaciones de los procesos digitales de señales, que



permiten el trabajo en áreas como las comunicaciones, los sensores, el procesamiento de las imágenes y el sonido, el tratamiento matemático de las señales, los sistemas de alimentación, el control de motores, la electromedicina, los sistemas multimedia, la automoción e internet.

Los dsPIC's comenzaron a producirse a gran escala a finales de 2004. Son los primeros PIC's con bus de datos inherente de 16 bits. Incorporan todas las posibilidades de los anteriores PIC's y añaden varias operaciones de DSP implementadas en hardware. En la actualidad ya se comercializan más de 50 modelos de este tipo de "microcontroladores especiales" reunidos en las familias dsPIC30F y dsPIC33F (Pavon y Cruz, s.f.). La disposición de pines se puede observar en la Figura 8 y la descripción de algunos de estos en la Tabla 7.

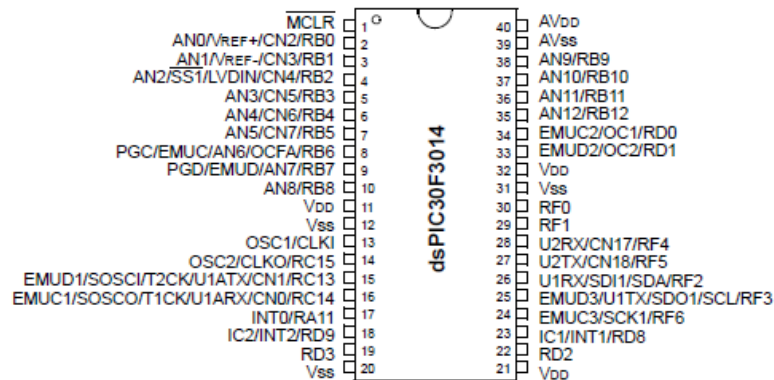
**Tabla 7: Descripción de Pines.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>Descripción de Pines</b>	
<b>Nombre de Pin</b>	<b>Comentario</b>
CLKI	Entrada de la fuente de reloj externa. Siempre asociado con la función pin OSC1.
CLKO	Siempre asociado con la función pin OSC2
MCLR	Borrado Maestro (Reinicia) Este pin se activa baja Resetea a los dispositivos.
OSC1	Entrada del oscilador de cristal. Se configura en modo RC; de lo contrario CMOS
OSC2	Salida de oscilador de cristal. Opcionalmente funciones como CLKO en los modos de RC y EC.
RA11	PORTA es un puerto bidireccional I/O.
RB0–RB12	PORTB es un puerto bidireccional I/O.
RC13–RC15	PORTC es un puerto bidireccional I/O.
RD0–RD3/RD8, RD9	PORTD es un puerto bidireccional I/O.
RF0–RF5	PORTF es un puerto bidireccional I/O.
U1RX	Recepción UART1
U1TX	Transmisión UART1
U1ARX	Recepción alternativo UART1
U1ATX	Transmisión Alternativo UART1
VDD	Alimentación Positiva para los pines y lógica I/O.
VSS	Referencia de tierra para los pines y lógica I/O.

**Figura 8: dsPic30F3014**

Fuente: <http://www.bilbaoelectronics.com/pines-30f3014.html>



## 2.5 MPLAB IDE

MPLAB IDE es un software que se ejecuta sobre una PC (Windows) para desarrollar aplicaciones para los microcontroladores de Microchip. Es llamado IDE (Integrated Development Environment) porque provee un solo entorno integrado para desarrollar código para microcontroladores empujados.

Su nueva versión MPLAB X trae muchos cambios a la cadena de herramientas de desarrollo de microcontroladores PIC. A diferencia de versiones anteriores del MPLAB IDE, aquel está basado en Open Source NetBeans de Oracle y pueden ser ejecutadas también en sistemas operativos Mac OS, Linux. Tomar este camino ha permitido agregar muchas características solicitadas frecuentemente muy rápidamente y fácilmente, mientras que también proveía de una arquitectura más extensible para traer nuevas características en el futuro (Microchip, 2015). En la Figura 9 se presenta el logo de ambas versiones.

**Figura 9: Antigua y Nueva Versión del MPLAB.**

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/MPLAB>



## **2.6 Lenguaje de Programación C/C++**

El lenguaje C fue creado por Dennis Ritchie, de los laboratorios Bell, en 1972. Fue creado como una herramienta de programación que posee las características de control deseables por la teoría y práctica de la informática. La planificación escalonada, programación estructurada y diseño modular, lo hacen un programa más fiable y comprensible. Algunas de las características que ofrece este lenguaje se pueden observar en la Tabla 8 (Waite, Prata y Martin, 1985).

**Tabla 8: Características del Lenguaje C.**

Fuente: Elaboración Propia

Características del Lenguaje C
<ul style="list-style-type: none"><li>• Posee control sobre aspectos del ordenador asociados generalmente con lenguajes ensambladores.</li><li>• Portabilidad, debido a que se puede transferir un programa que se ejecuta en un sistema a otro sistema, con ninguna o mínima modificación.</li><li>• Eficiencia, debido a que se ciñe al hardware sus programas son compactos y se ejecutan con rapidez.</li></ul>

El lenguaje C++ conserva los puntos fuertes del C, su potencia, flexibilidad, eficiencia, entre otros. C++ introduce al lenguaje C en el dinámico mundo de la programación orientada a objetos y hace de él una plataforma para la abstracción de problemas de alto nivel. El lenguaje C++ refleja una dualidad, incorporando el modelo de programación de procedimientos y el modelo de programación orientada a objetos (Murray y Pappas, 1994).

## **2.7 Protocolos de Comunicación**

Los protocolos de comunicaciones se definen como una serie de normas que gobiernan el intercambio ordenado de información entre equipos. En el presente trabajo se hará uso de la comunicación serial, debido a que este se usará para la comunicación entre el módulo GSM y el microcontrolador PIC.

### 2.7.1 Comunicación Serial

Es un protocolo para la comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora, también es utilizada por dispositivos para instrumentación. La comunicación serial se realiza mediante el envío y recepción de bytes de información un bit a la vez. La comunicación se realiza mediante tres líneas de transmisión. En razón a que la transmisión es asíncrona, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Además, para que se transmita las tramas (los datos encapsulados), la comunicación deberá cumplir con las características mostradas en la Tabla 9 (NI, 2004).

**Tabla 9: Características de la Comunicación Serial.**

Fuente: Elaboración Propia

Características de la Comunicación Serial
<ul style="list-style-type: none"><li>• Velocidad de transmisión. Indica el número de bits por segundo que se transfieren y se mide en baudios.</li><li>• Bits de Parada. Indican el fin de la transmisión de una trama.</li><li>• Bit de Paridad: Verificar si hay errores en la transmisión serial.</li><li>• Bits de Datos. Indica la cantidad de bits de un carácter.</li></ul>

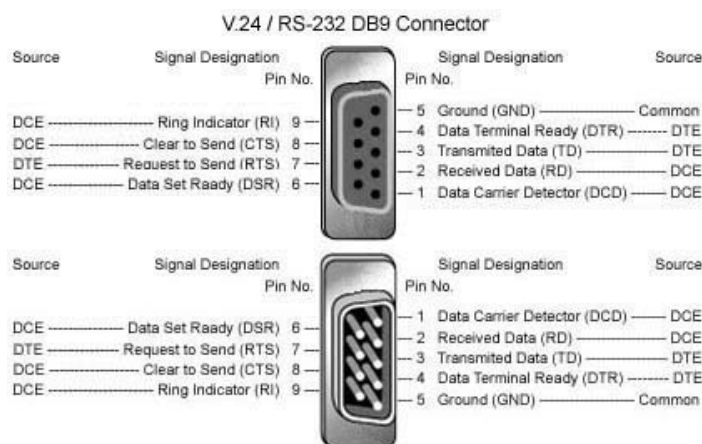
### 2.7.2 Norma RS-232

Fue creada en la década de los años 60 por la EIA (Electronic Industries Association) como una interfaz común de comunicación con el objetivo del intercambio de datos a través de líneas telefónicas. La comunicación serial mediante el RS-232 puede ser directa cuando se realiza sobre banda base digital o mediante un modem cuando se realiza en banda base análoga. En este último caso, la norma define un conector tipo D de 25 terminales pero en muchas ocasiones se usa uno tipo D de 9 terminales. Además, está diseñada para una distancia máxima de 15 m. y una velocidad de 20 Kbps. Así también, define un margen de tensión de +3V a +15V para el "0" lógico y -3V a -15V para el "1" lógico; por lo que se hará necesario que se utilice tanto en la transmisión como la

recepción un circuito de adaptación que transforme los niveles de tensión utilizados en los circuitos digitales antes mencionados y viceversa (Forero, 2012). En la Figura 10 se describe el funcionamiento de cada pin del conector DB9.

**Figura 10: Conector DB9.**

Fuente: [www.suntekpc.com](http://www.suntekpc.com)



## 2.8 Sensores

Los sensores son los que se encargan de medir las magnitudes del entorno, es decir, son capaces de detectar magnitudes físicas (temperatura, distancia, presión, etc.) y transformarlas en variables eléctricas. Los sensores pueden ser analógicos o digitales.

### 2.8.1 Sensor de Movimiento Pasivo

Es un sensor que mide la luz infrarroja (IR) radiada por los objetos ubicados en su campo de visión y es llamado pasivo debido a que no emite radiación, sino que la recibe. Capta la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Su componente electrónico principal es el sensor piroeléctrico, que cumple la función de detectar cambios de radiación infrarroja recibida. Esta señal llega al sensor piroeléctrico a través de un lente de Fresnell que divide el área protegida en sectores. Este lente presenta características como gran angular, corredor, y otros (Villegas, 2012). Este sensor puede ser observado en la Figura 11.

**Figura 11: Sensor de Movimiento Pasivo.**

Fuente: Elaboración Propia

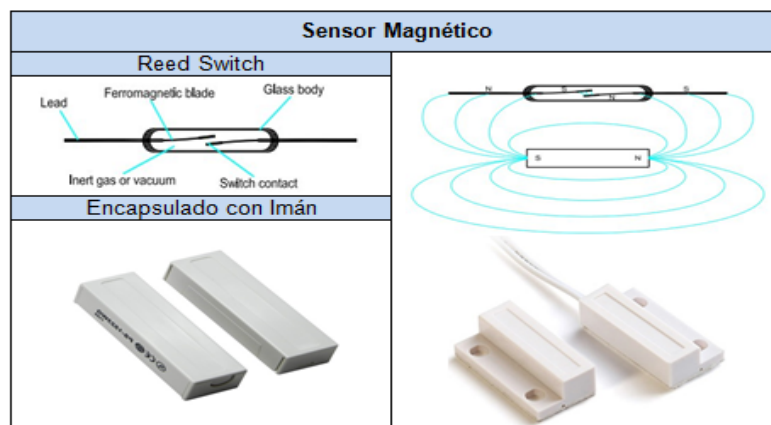


### 2.8.2 Sensor Magnético

Es un sensor más sencillo y efectivo, y está conformado de dos partes: Encapsulado con Reed Switch y Encapsulado con Imán. Un Reed Switch se ve activado por la presencia de un campo magnético ya que consta de una capsula de vidrio conteniendo un par de contactos metálicos en su interior y un par de terminales que permiten acceder a conectar dichos contactos. Cuando es normal abierto (NA) los contactos se cierran en la presencia del campo; cuando es normal cerrado (NC). El Encapsulado con Imán es simplemente un material magnetizado (generalmente alnico que se instala en la parte móvil de la abertura (puerta, ventana, portón, etc.) (Miguez, 2013). Este sensor puede ser observado en la Figura 12.

**Figura 12: Sensor Magnético.**

Fuente: Elaboración Propia







## 2.9 Actuadores

Son dispositivos capaces de transformar energía para generar el funcionamiento de un proceso dentro de un sistema automatizado. Se puede clasificar en: Neumáticos, Electrónicos, Hidráulicos, Eléctricos.

Los actuadores electrónicos están basados en mecanismos electrónicos para su funcionamiento. Existen actuadores electrónicos que consumen una considerable cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan drivers. Los actuadores eléctricos son utilizados en diferentes aparatos mecatrónicos, como pueden ser robots. Algunos tipos de actuadores electrónicos son: LEDs, DC Motor, Electrovalvula, Relé (330ohms, 2013). Algunos se muestran en la Figura 13.

**Figura 13: Actuadores Electrónicos.**

Fuente: Elaboración Propia

Actuadores Electrónicos	
LEDs (diodo emisor de luz)	
Es un componente optoelectrónico pasivo es decir un diodo que emite luz.	
Relé	
Un relé es un dispositivo electromecánico que nos permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia.	
Sirena electrónica	
Es un aparato generador de sonidos que se compone de una unidad de control que almacena en el interior la secuencia de tonos, también tiene un bajo consumo eléctrico y sirven para la defensa civil o ataque aéreo.	
Luz rotativa	
Estas luces de señalización de emergencia se suministran con lámpara de 12v, tiene base magnética y ventosa para una colocación rápida y sencilla.	

## **CAPITULO 3**

### **DESARROLLO DE LA SOLUCION**

El presente capitulo hace un registro de los pasos para el desarrollo de la solución, desde las pruebas de comunicación entre los componentes del sistema, su configuración, su implementación, hasta su puesta en funcionamiento. Así también, se representa gráficamente el funcionamiento del prototipo a través de su diagrama de bloques y el diagrama de flujo del programa de este para un mejor entendimiento.

#### **3.1 Diagrama de Bloques**

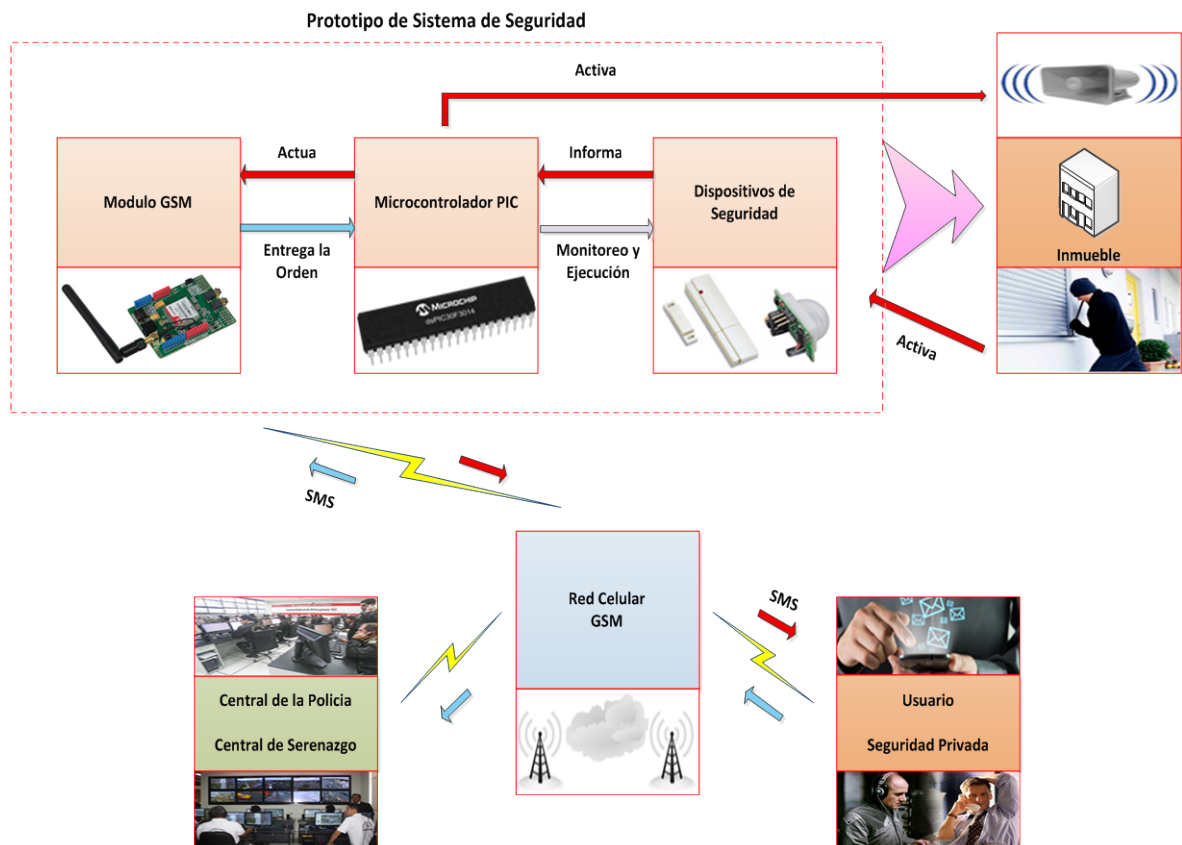
En la Figura 14 se observa el Diagrama de Bloques del presente proyecto, este describe el funcionamiento del prototipo de seguridad. Este prototipo estará controlado por un microcontrolador PIC que se encargará de monitorear los dispositivos de seguridad (sensores), accione las alarmas y se comunique con el Shield GSM. Inicialmente el microcontrolador PIC monitoreará los dispositivos de seguridad, los que serán distribuidos e instalados en los lugares predefinidos del inmueble. Estos se activarán ante una intención de acceso al inmueble e informarán al microcontrolador PIC del hecho. El microcontrolador PIC, según la programación, activará la alarma de seguridad y actuará sobre el Shield GSM; el cual enviará a través de la Red GSM un mensaje de texto a los teléfonos de las personas predefinidas (usuario, seguridad del usuario, otros) alertando del hecho. Una vez alertadas las personas escogidas, estas podrán emitir una orden al sistema de



seguridad vía mensaje de texto. Así también, les permitirá una rápida comunicación con la central de la policía o el serenazgo de su distrito, en espera de una pronta respuesta de estos.

**Figura 14: Diagrama de Bloques.**

Fuente: Elaboración Propia



### 3.2 Prueba de Comunicación del Shield SIM900

La prueba de comunicación se realiza para poder llevar a cabo la configuración de los baudios y las características de la comunicación serial, así como comprobar el buen estado del Shield SIM900. Para establecer la comunicación serial entre este y una computadora se hace uso del software Tera Term. En la Figura 15 se observa la conexión entre el Shield SIM900 y la computadora.

**Figura 15: Conexión del Shield SIM900 a una PC.**

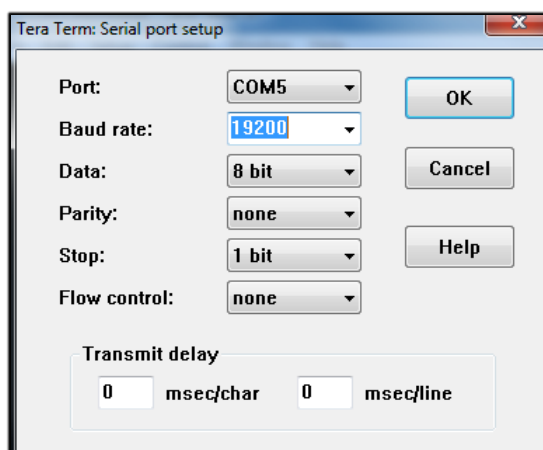
Fuente: Elaboración Propia



Inicialmente el SIM900 viene con la opción de autobauding activada, lo cual permitirá detectar y ajustar automáticamente la velocidad de comunicación entre este y la computadora. La sincronización se iniciará con el envío del carácter “A”, seguidamente se envía el comando “AT” hasta que se reciba como respuesta “OK”. Debido a que el Shield viene configurado con 19200 bps, 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada; debemos de configurar nuestro Puerto COM5 con estas características. En la Figura 16 se observa dicha configuración.

**Figura 16: Configuración de la Comunicación Serial.**

Fuente: Elaboración Propia

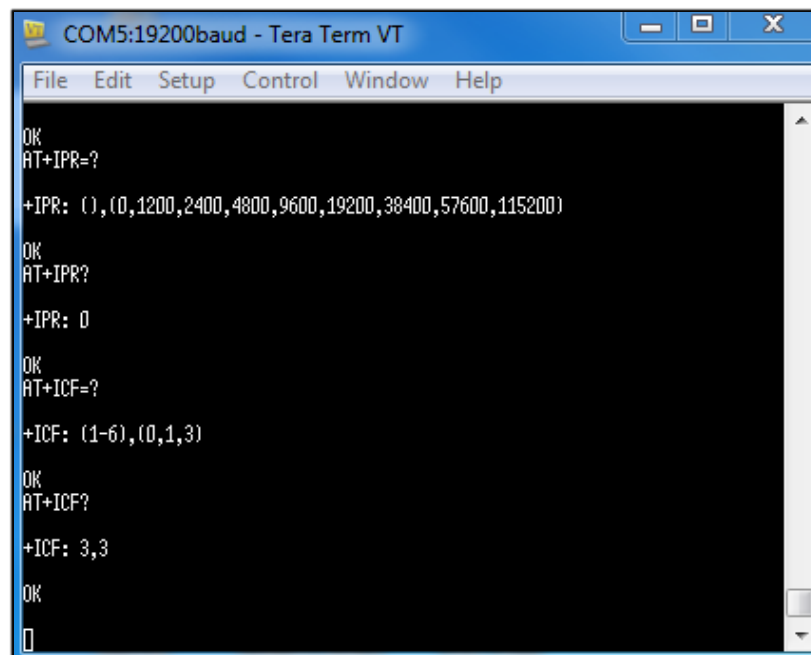


En la Figura 17 se revisa por medio del comando “AT+IPR=?” la velocidad que soporta el autobauding, y por medio del comando “AT+IPR?” se comprueba que el

autobauding está activado. Así también, por medio del comando “AT+ICF=?” se revisa los formatos que soporta para los bits de transmisión, y por medio del comando “AT+ICF?” se comprueba su formato (8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada).

**Figura 17: Configuración de la Comunicación Serial.**

Fuente: Elaboración Propia



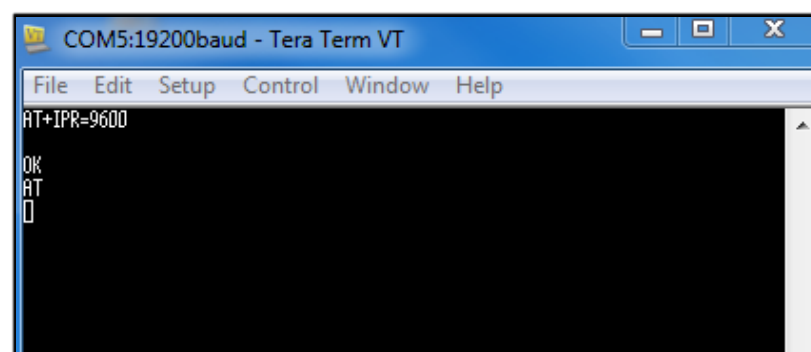
```
COM5:19200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
OK
AT+IPR=?
+IPR: ( ), (0,1200,2400,4800,9600,19200,38400,57600,115200)
OK
AT+IPR?
+IPR: 0
OK
AT+ICF=?
+ICF: (1-6), (0,1,3)
OK
AT+ICF?
+ICF: 3,3
OK

```

En la Figura 18, a través del comando “AT+IPR=9600” configuramos una nueva velocidad. Al configurar una nueva velocidad observamos que no obtenemos respuesta al comando “AT” ya que habíamos configurado nuestro Puerto COM5 con 19200 bps.

**Figura 18: Configurando la Nueva Velocidad del SIM900.**

Fuente: Elaboración Propia



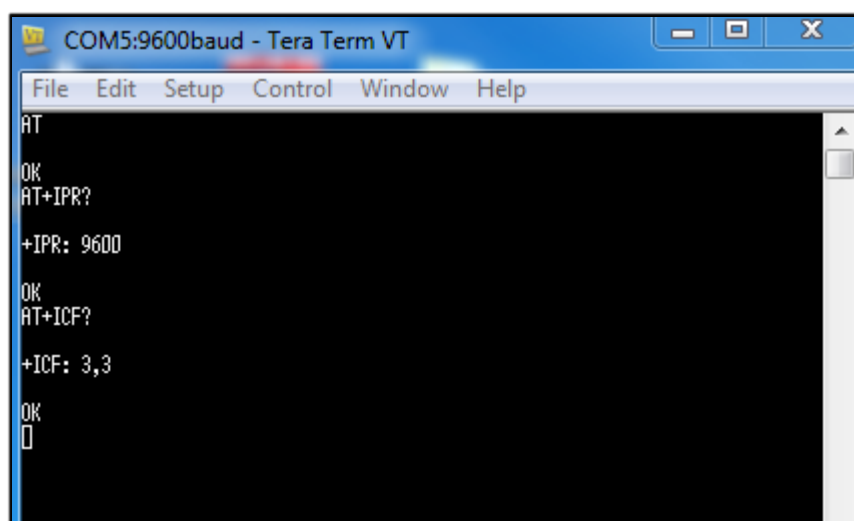
```
COM5:19200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
AT+IPR=9600
OK
AT

```

Se procede a hacer el cambio de velocidad respectivo en el Puerto COM5 (a través de la interfaz del Tera Term) para establecer comunicación con el SIM900. En la Figura 19 se comprueba que este ha sido configurado a 9600 bps (“+IPR: 9600”) y que su formato para los bits de transmisión es de 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada (“+ICF: 3,3”).

**Figura 19: Comprobando la Nueva Velocidad del SIM900.**

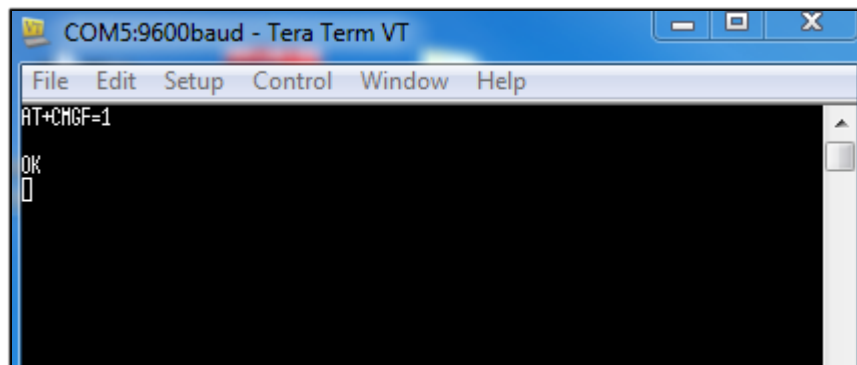
Fuente: Elaboración Propia



Finalmente, para el envío de mensajes primero debemos elegir el formato de estos (PDU: 0, Texto: 1), para esto hacemos uso del comando “AT+CMGF”, tal como lo vemos en la Figura 20. En la Figura 21 podemos ver el uso de los comandos “AT+CPBF” y “AT+CMGS”. El primero de ellos retorna, entre otras cosas, el número telefónico a partir del ingreso del nombre del contacto de la agenda telefónica entre comillas. El segundo permite enviar un mensaje de texto, para esto se ingresa el número telefónico entre comillas y se oprime un “enter” luego de esto. En la siguiente línea se ingresa el mensaje de texto y para indicar que se terminó de ingresar dicho mensaje se oprime “Ctrl+Z”. En la Figura 22 se observa la recepción de dicho mensaje.

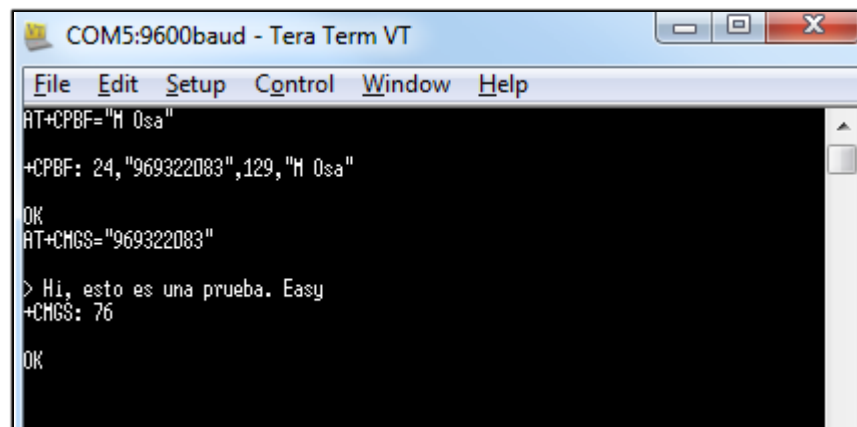
**Figura 20: Configuración del Formato de Mensajes.**

Fuente: Elaboración Propia



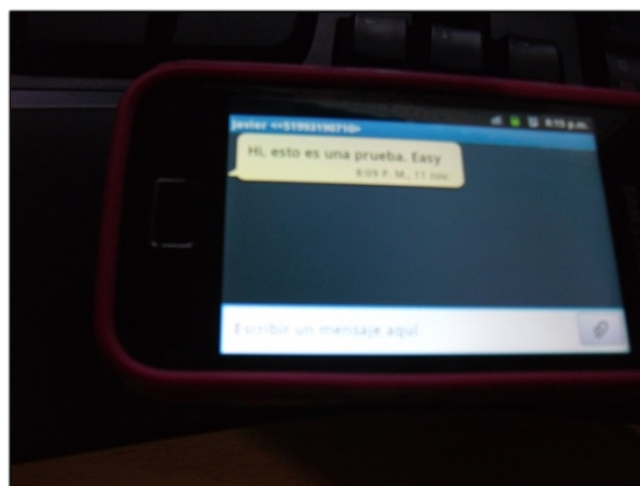
**Figura 21: Búsqueda de Número Telefónico y Envío de Mensaje de Texto.**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 22: Recepción de Mensaje de Texto.**

Fuente: Elaboración Propia

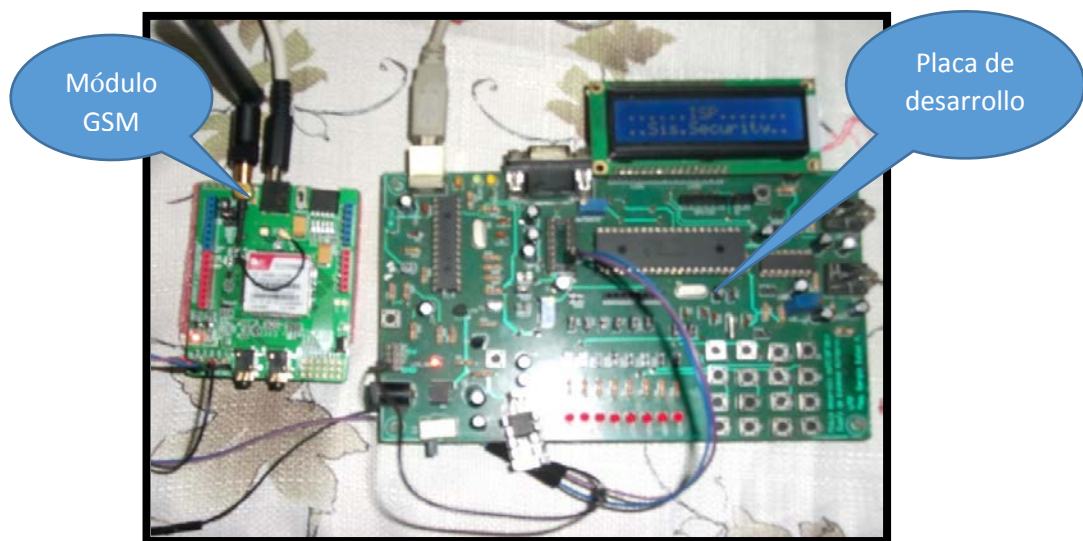


### 3.3 Prueba de Comunicación entre el Módulo de Desarrollo y el Módulo GSM

En este apartado se describe las pruebas de comunicación entre el Módulo GSM (Shield SIM900) y el Módulo de Desarrollo dsPIC30F3014, elaborado por el Profesor Sergio Salas y de uso en sus clases del curso de Diseño de Sistemas Microprocesados, con el fin de determinar la operatividad entre ambos módulos. En la Figura 23 se puede visualizar el módulo de desarrollo que contiene al dsPIC30f3014 y al lado izquierdo el Modulo GSM. Se puede observar en el LCD un mensaje de prueba, dicho LCD mostrará los diferentes cambios que presente el sistema cuando este esté en funcionamiento. También me mostrará el sensor que se active y la acción que se ejecute (activación de la sirena luminosa o la sirena sonora).

**Figura 23: Comunicación entre los Módulos.**

Fuente: Elaboración Propia



Para demostrar la comunicación entre la placa de desarrollo y el Módulo GSM se hace las dos siguientes pruebas:

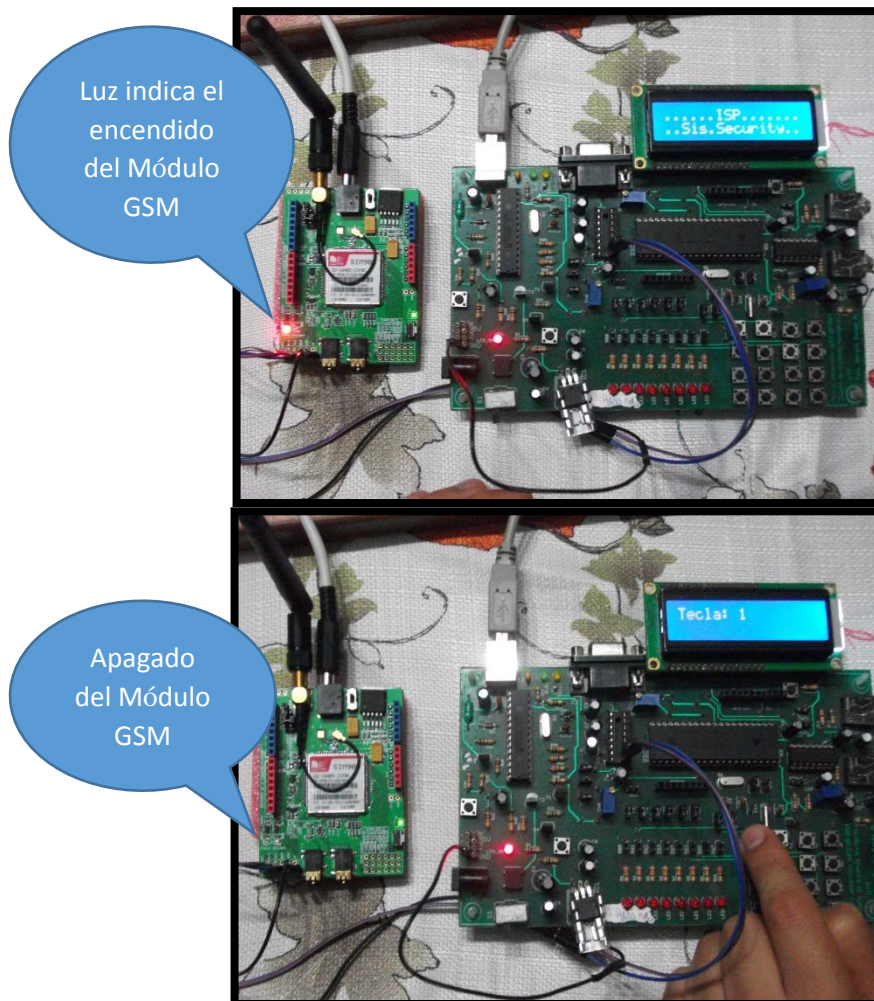
La primera prueba, que se puede observar en la Figura 24, consiste en el apagado del Módulo GSM. Para demostrar ello, primero se ve en la parte izquierda del Módulo GSM una luz roja que indica que dicho modulo esta encendido, posteriormente se envía un comando AT ("AT+CPOWD=1") al Módulo GSM desde el microcontrolador;



esta transmisión se hace posible al pulsar la tecla 1 de la placa de desarrollo. Finalmente dicha luz roja que se ubica en el Módulo GSM se apagará, de tal manera que se confirma la comunicación.

**Figura 24: Apagado del Módulo GSM.**

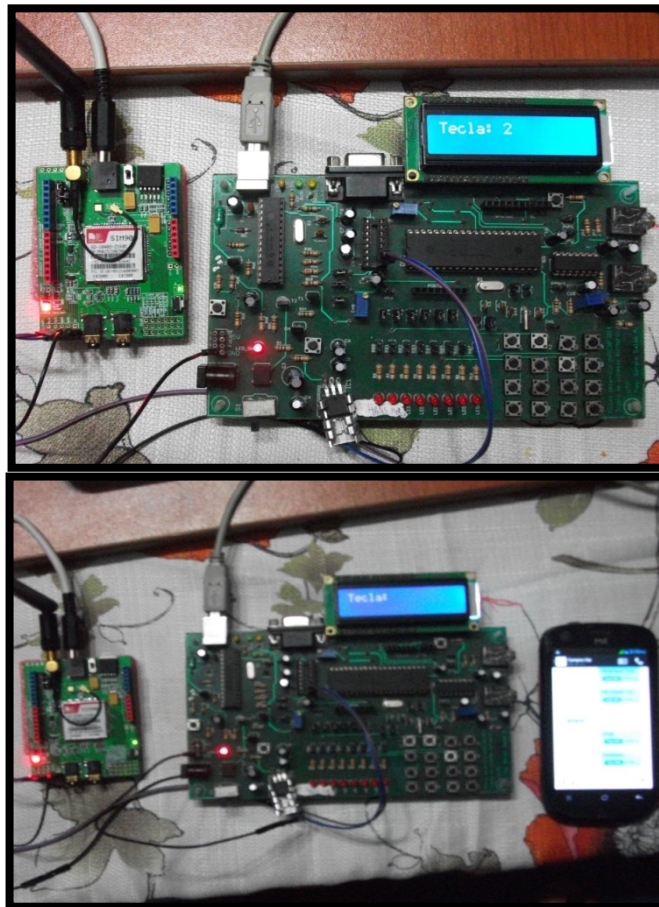
Fuente: Elaboración Propia



La segunda prueba, se puede observar en la Figura 25, consiste en el envío de un SMS desde el Módulo GSM a un celular, para ello se envía un comando AT ("AT+CMGS="997130183" ") desde el Módulo de desarrollo al Módulo GSM, de tal forma que este envía el SMS a un celular determinado. Para que sea posible dicha transmisión se pulsa la tecla dos de la placa de desarrollo.

**Figura 25: Transmisión de un SMS.**

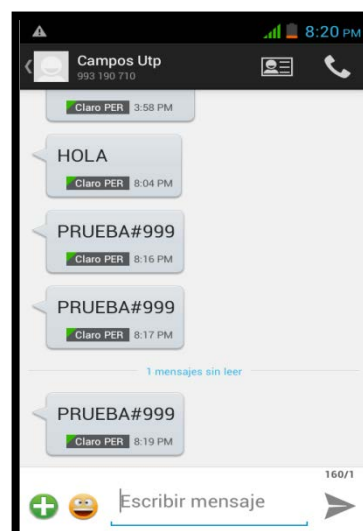
Fuente: Elaboración Propia



La recepción del SMS se puede comprobar mediante la Figura 26.

**Figura 26: Recepción del SMS.**

Fuente: Elaboración Propia





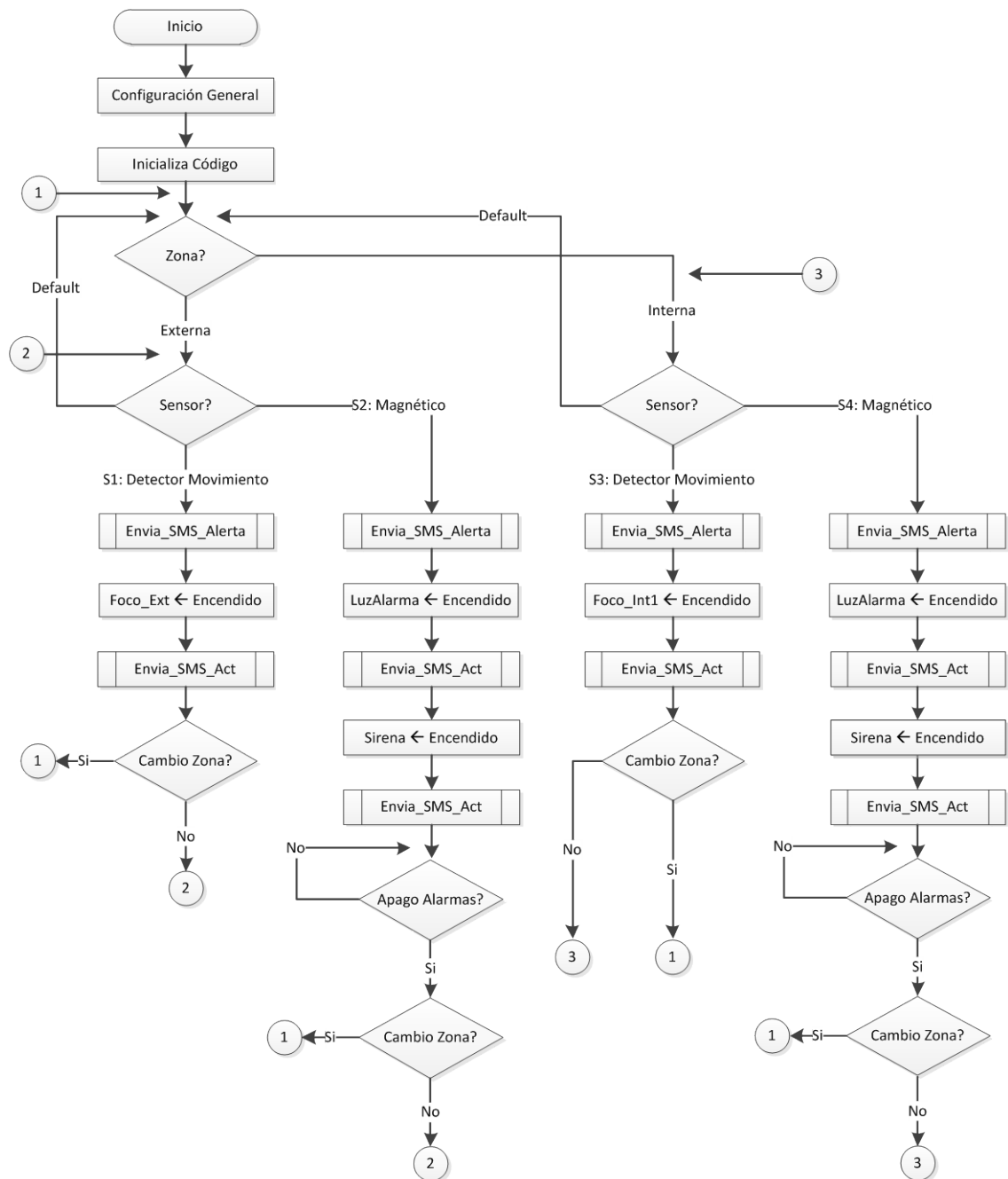
### **3.4 Diagrama de Flujo del Programa**

El diagrama de flujo, que se puede observar en la Figura 27, establecerá y describirá como es que procederá el programa que controla el funcionamiento del sistema. Inicialmente se hará la configuración general y luego la inicialización de una variable clave con un código que indica que zona y que sensor se ha activado (caso inicial indicara zona externa y el caso default para el sensor). Seguidamente, se consulta que zona se debe de monitorear para luego preguntar por el sensor que se ha activado en dicha zona. En caso se dé la opción Default, se volverá a consultar la activación de algún sensor; en caso se active algún sensor, digamos el sensor magnético, se procederá a enviar el SMS de alerta para luego encender el primer dispositivo, luego se enviara el SMS de Activación del dispositivo. Luego se encenderá el segundo dispositivo y se enviara su correspondiente SMS de Activación. En este caso, que se considera el más crítico, los dispositivos de alarma se mantendrán encendidos hasta que el usuario por medio del envío de un SMS apague los dispositivos involucrados. A continuación, se consultará si hubo cambio en la zona a monitorear; si no se cambió de zona se regresará a preguntar por la activación de algún sensor en esa zona, si es el caso contrario consultará a que zona ingresar. Se debe de indicar que cada SMS de Activación que se envíe al usuario, le hará conocer el código para apagar el dispositivo de alarma correspondiente. También cuando se pregunte por el cambio de zona, se deberá indicar en el código el caso Default para los sensores, para así esperar una nueva activación de algunos de los sensores. Así también, cuando se pregunte por la activación de algún sensor de una determinada zona puede que se active un sensor de la otra zona; para tal caso se debe de asegurar que el código indique el cambio de zona y que este caso pertenezca a la opción Default, que hará la consulta por el cambio de zona.

Por último, indicar que para las activaciones de los sensores se hará uso de Interrupciones y que en sus rutinas se activará las variables respectivas para determinar el sensor que se activó.

**Figura 27: Diagrama de Flujo del Programa.**

Fuente: Elaboración Propia

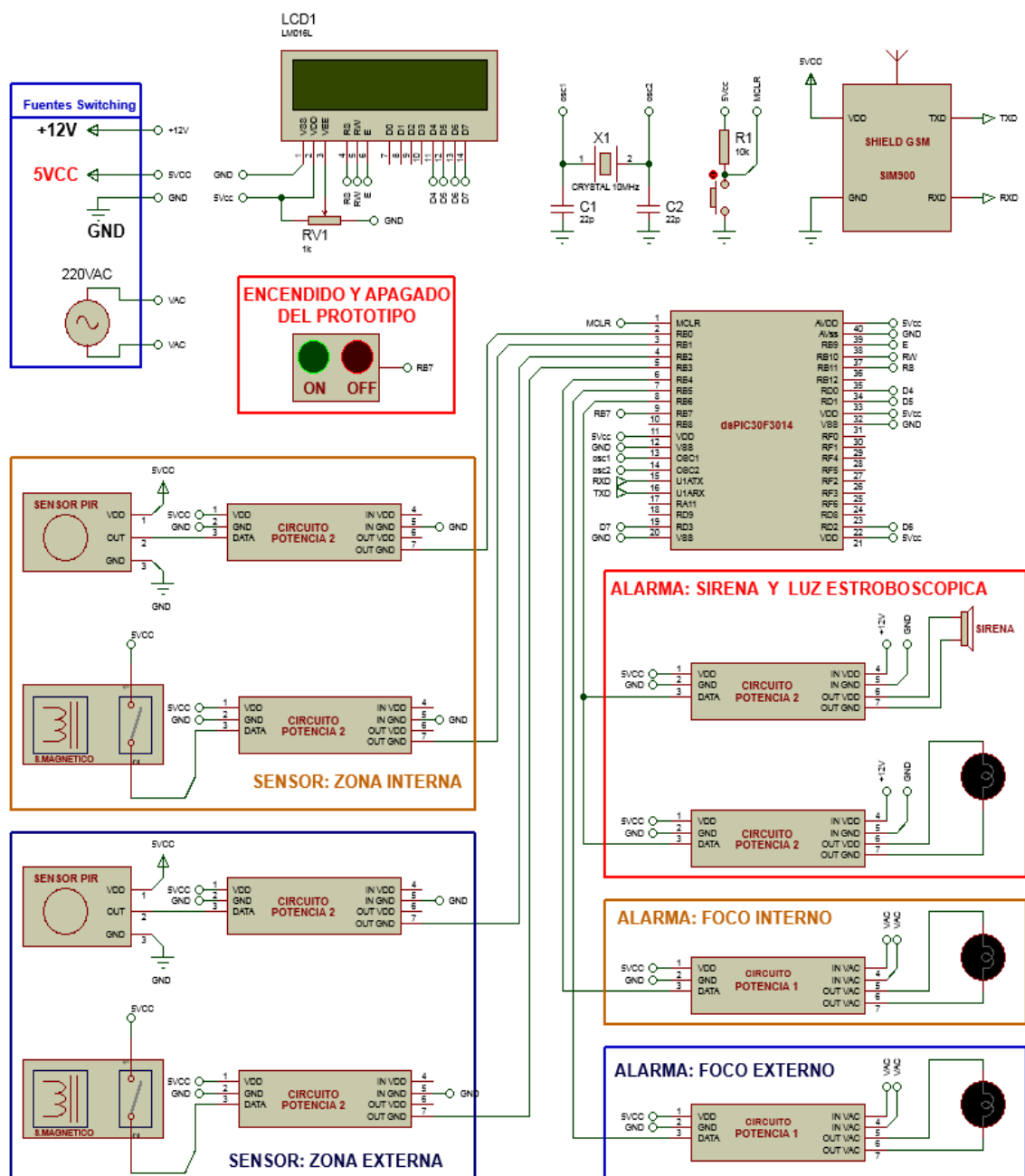


### 3.5 Diagrama de Conexiones

En la Figura 28 se observa el Diagrama de Conexiones del presente proyecto, este describe las conexiones existentes entre los distintos dispositivos que conforman el prototipo del sistema de seguridad; además representa la base para la implementación del proyecto.

**Figura 28: Diagrama de Conexiones.**

Fuente: Elaboración Propia



### **3.6 Implementación del Prototipo**

En esta sección se describe, de manera resumida pero tratando de no perder detalle, la implementación del prototipo. Inicialmente se busca una probable distribución de los componentes (en un primer momento el de los módulos) dentro de la caja solera. En la Figura 29 se observa la distribución de los módulos y el frontis de la tapa de la caja solera, en donde se muestra el LCD y los botones de encendido y apagado.

**Figura 29: Distribución de Módulos en Caja Solera.**

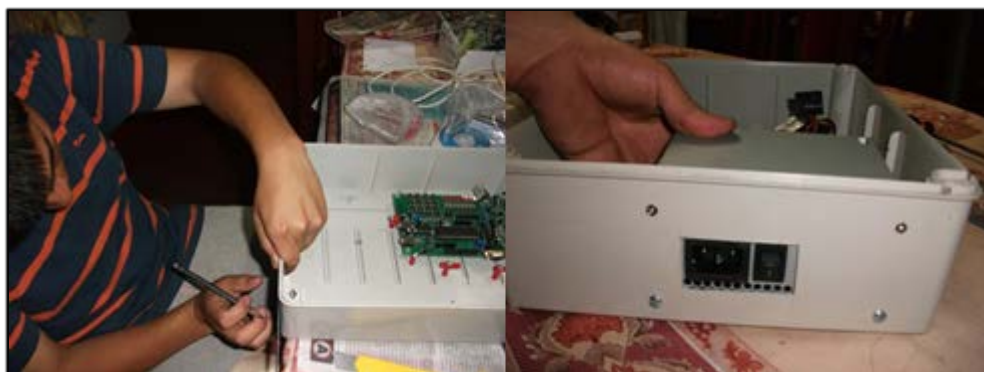
Fuente: Elaboración Propia



Luego de haber determinado la ubicación de los módulos (fijos en la caja solera por medio de tarugos) se procede a buscar la ubicación para la fuente de poder (Fuente ATX Altron MG200 de 680 W) y a realizar su respectiva instalación, esta fuente será la que proporcionara la energía para el resto de componentes del prototipo. En la Figura 30 se observa la acción descrita.

**Figura 30: Instalación de Fuente de Poder.**

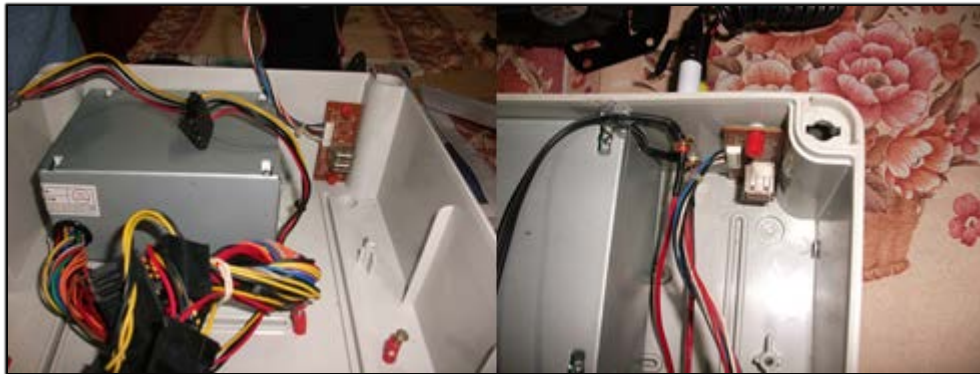
Fuente: Elaboración Propia



Se prosigue con la instalación de la placa con entradas para dos puertos USB, a través de los cuales se energizará al módulo de desarrollo y al módulo GSM. Así también, se instala los conectores Plug RCA para que sirvan como entrada para la conexión de las alarmas. En la Figura 31 se observa la instalación de la placa y los conectores descritos.

**Figura 31: Instalación de Placa USB y Conectores RCA.**

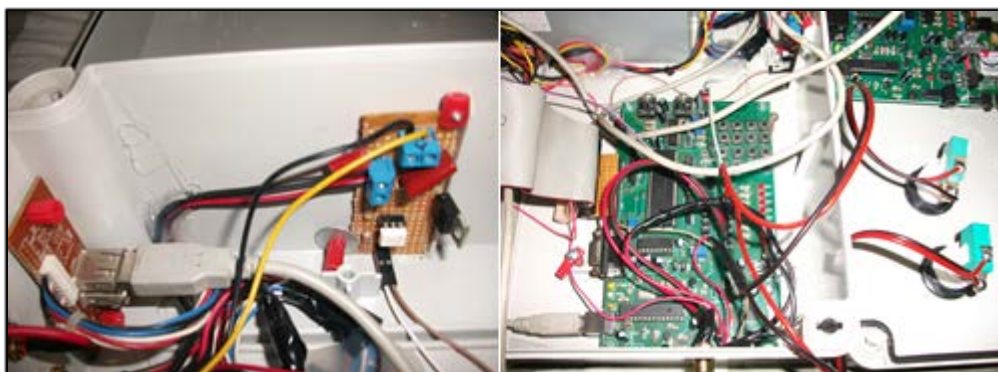
Fuente: Elaboración Propia



Se continúa con la instalación del Circuito de Potencia, el que se encargará de comunicar el módulo de desarrollo con los actuadores. También se puede observar, entre el cableado, la instalación de los conectores Plug RCA para los sensores y los Pulsadores y la conexión del cable Flat. La Figura 32 muestra lo descrito.

**Figura 32: Instalación Circuito de Potencia y Cableado.**

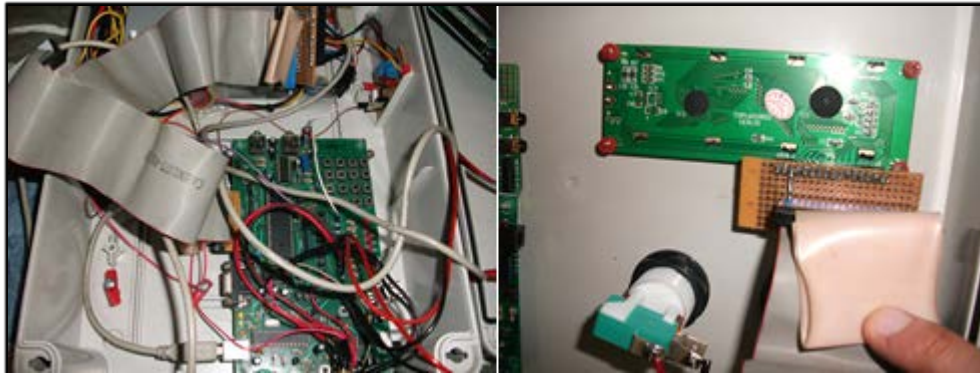
Fuente: Elaboración Propia



Así mismo, en la Figura 33, se puede observar tanto la distribución de los módulos (se observa el espacio reservado para el módulo GSM a la izquierda de la imagen derecha) como el cableado de una manera más amplia; aquí destaca el cable Flat que se conecta al LCD en el reverso de la tapa frontal de la caja solera.

**Figura 33: Conexión del Cable Flat.**

Fuente: Elaboración Propia



Antes de terminar la implementación se revisa que todo esté bien conectado y se procede a cerrar el módulo, quedando así listo para su puesta en funcionamiento. En la Figura 34 se puede observar el módulo listo para su funcionamiento.

**Figura 34: Módulo del Prototipo.**

Fuente: Elaboración Propia



## **CAPITULO 4**

### **RESULTADOS**

En el presente capítulo se presenta los procedimientos para determinar la respuesta del prototipo en el quehacer diario, también presenta el desglosamiento del proyecto en tareas y el cronograma de estos con el fin de buscar la culminación del aquel. Así también, presenta los costos que conllevó la ejecución de este proyecto.

#### **4.1 Resultados**

Los resultados son productos de las pruebas a que fue sometido el prototipo, tanto a lo que se refiere a su funcionamiento y su viabilidad.

##### **4.1.1 Resultados de Pruebas**

A continuación se describirá las pruebas que se realizaron con el prototipo, con respecto al tiempo de demora cuando se realiza un envío o una recepción de un SMS a un determinado número de celular. Para dichas pruebas utilizamos cinco diferentes números de celular con operadoras distintas (Claro, Entel) ubicados en diferentes distritos (Carabayllo, Comas, Puente Piedra y Santa Anita), para ello el prototipo se encuentra en el distrito de Comas con un SIM de la empresa Claro.

##### **4.1.1.1 Prueba de Recepción de SMS**

Esta prueba mide el tiempo que demora en llegar un SMS enviado por un usuario al prototipo (se hace uso de un cronómetro), tanto sólo para probar la recepción



del sistema como para pedirle al sistema que realice alguna acción (apagar una alarma por ejemplo). En las Tabla 10, 11 y 12 se observa el tiempo que transcurre para que el prototipo reciba el SMS, los distritos de transmisión corresponden a Comas, Carabayllo y Puente Piedra, en ese orden.

**Tabla 10: Recepción de SMS – TX 1.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>Prueba de Recepción de SMS – TX 1</b>			
SMS	Empresa Claro	Empresa Claro	Tiempo de Recepción
	Envío SMS	Recepción SMS	
1030	09:43 p.m.	09:43 p.m.	4seg
1031	08:45 p.m.	08:45 p.m.	6seg
1032	07:46 p.m.	07:46 p.m.	5seg
1033	07:48 p.m.	07:48 p.m.	7seg
1034	09:51 p.m.	09:51 p.m.	6seg
1035	09:54 a.m.	09:54 a.m.	8seg
1036	09:56 a.m.	09:56 a.m.	9seg
1037	10:00 a.m.	10:00 a.m.	5seg
1038	10:01 a.m.	10:01 a.m.	6seg
1039	10:03 a.m.	10:03 a.m.	8seg
1040	12:22 p.m.	12:22 p.m.	7seg
1041	02:34 p.m.	02:34 p.m.	7seg
1042	04:29 p.m.	04:29 p.m.	6seg
1043	06:41 p.m.	06:41 p.m.	8seg
1044	08:37 p.m.	08:37 p.m.	7seg
1045	09:16 a.m.	09:16 a.m.	5seg

**Tabla 11: Recepción de SMS – TX 2.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>Prueba de Recepción de SMS – TX 2</b>			
SMS	Empresa Claro	Empresa Claro	Tiempo de Recepción
	Envío SMS	Recepción SMS	
1050	11:05 p.m.	11:05 p.m.	28seg
1051	11:06 p.m.	11:06 p.m.	21seg
1052	11:07 p.m.	11:07 p.m.	24seg
1053	11:08 p.m.	11:08 p.m.	19seg
1054	11:09 p.m.	11:09 p.m.	27seg
1056	11:10 a.m.	11:10 a.m.	25seg
1057	11:11 a.m.	11:11 a.m.	26seg
1058	11:12 a.m.	11:12 a.m.	20seg
1059	11:13 a.m.	11:13 a.m.	25seg
1060	01:07 p.m.	01:07 p.m.	23seg
1061	03:16 p.m.	03:17 p.m.	24seg
1062	05:36 p.m.	05:36 p.m.	22seg
1063	07:21 p.m.	07:21 p.m.	22seg
1064	09:32 p.m.	09:32 p.m.	20seg
1065	10:26 a.m.	10:26 a.m.	22seg



**Tabla 12: Recepción de SMS – TX 3.**

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de Recepción de SMS – TX 3			
SMS	Empresa Claro	Empresa Claro	Tiempo de Recepción
	Envío SMS	Recepción SMS	
1070	11:53 p.m.	11:54 p.m.	20 seg
1071	11:54 p.m.	11:54 p.m.	22seg
1072	11:55 p.m.	11:55 p.m.	21seg
1073	11:56 p.m.	11:56 p.m.	21seg
1074	11:57 p.m.	11:57 p.m.	22seg
1075	11:58 p.m.	11:58 p.m.	20seg
1076	01:27 p.m.	01:27 p.m.	23seg
1077	03:31 p.m.	03:31 p.m.	21seg
1078	05:19 p.m.	05:19 p.m.	22seg
1079	07:23 p.m.	07:23 p.m.	20seg
1080	09:35 p.m.	09:35 p.m.	21seg

**4.1.1.2 Prueba de Envío de SMS**

Esta prueba mide el tiempo que demora en llegar un SMS enviado por el prototipo a un usuario (se hace uso de un cronómetro), tanto solo para probar la transmisión del sistema como para pedirle enviarle un SMS de alerta a un usuario. En este último caso, se ha forzado la activación de un sensor para la transmisión del SMS. En las Tabla 13, 14 y 15 se observa el tiempo que transcurre para que el usuario reciba el SMS, los distritos de recepción corresponden a Carabayllo, Comas y Santa Anita, en ese orden.

**Tabla 13: Envío de SMS – RX 2.**

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de Envío de SMS – RX 2			
SMS	Empresa Claro	Empresa Claro	Tiempo de Recepción
	Envío SMS	Recepción SMS	
1040	10:24 p.m.	10:24 p.m.	23seg
1041	10:25 p.m.	10:25 p.m.	16seg
1042	10:26 p.m.	10:26 p.m.	16seg
1043	10:27 a.m.	10:27 a.m.	13seg
1044	10:29 a.m.	10:29 a.m.	15seg
1045	10:12 p.m.	10:12 p.m.	19seg
1046	10:32 a.m.	10:32 a.m.	14seg
1047	12:32 p.m.	12:32 p.m.	12seg
1048	02:24 p.m.	02:24 p.m.	13seg
1049	04:32 p.m.	04:32 p.m.	11seg
1050	06:45 p.m.	06:45 p.m.	13seg
1051	08:27 p.m.	08:27 p.m.	13seg

**Tabla 14: Envío de SMS – RX 1.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>Prueba de Envío de SMS – RX 1</b>			
SMS	Empresa Claro	Empresa Claro	Tiempo de Recepción
	Envío SMS	Recepción SMS	
1009	09:18 a.m.	09:18 a.m.	8seg
1010	03:30 p.m.	03:30 p.m.	5seg
1011	01:07 a.m.	01:07 a.m.	6seg
1012	02:29 p.m.	02:29 p.m.	5seg
1013	02:30 p.m.	02:30 p.m.	7seg
1014	02:49 a.m.	02:50 a.m.	4seg
1015	02:33 p.m.	02:33 p.m.	8seg
1016	02:46 p.m.	02:46 p.m.	7seg
1017	02:50 p.m.	02:50 p.m.	8seg
1018	05:13 p.m.	05:14 p.m.	7seg
1019	09:15 a.m.	09:18 a.m.	8seg
1020	02:33 a.m.	02:33 a.m.	6seg
1021	05:13 a.m.	05:14 a.m.	7seg
1022	09:28 p.m.	09:28 p.m.	3seg
1023	01:15 p.m.	01:15 p.m.	5seg
1024	04:30 p.m.	04:30 p.m.	5seg
1025	06:22 p.m.	06:22 p.m.	6seg
1026	08:43 p.m.	08:43 p.m.	8seg
1027	10:16 a.m.	10:16 a.m.	6seg
1028	12:20 p.m.	12:20 p.m.	5seg
1029	02:34 p.m.	02:34 p.m.	6seg

**Tabla 15: Envío de SMS – RX 3.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>Prueba de Envío de SMS – RX 3</b>			
SMS	Empresa Claro	Empresa Claro	Tiempo de Recepción
	Envío SMS	Recepción SMS	
1060	11:31 p.m.	11:32 p.m.	80seg
1061	11:32 p.m.	11:33 p.m.	71seg
1062	11:33 p.m.	11:34 p.m.	69seg
1063	11:34 p.m.	11:35 p.m.	76seg
1064	11:35 p.m.	11:36 p.m.	74seg
1065	11:40 a.m.	11:41 a.m.	75seg
1066	11:41 a.m.	11:42 a.m.	75seg
1067	11:42 a.m.	11:43 a.m.	75seg
1068	11:43 a.m.	11:44 a.m.	75seg
1069	11:43 a.m.	11:44 a.m.	74seg
1070	09:23 a.m.	09:23 a.m.	65seg
1071	12:45 p.m.	12:45 p.m.	70seg
1072	02:35 p.m.	02:35 p.m.	68seg
1073	04:27 p.m.	04:27 p.m.	72seg
1074	06:31 p.m.	06:31 p.m.	73seg

#### 4.1.2 Presupuesto

Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada (Project Management Institute, 2008).

El presupuesto de materiales del presente proyecto se detalla en la Tabla 16 se muestra el presupuesto de materiales del presente proyecto.

**Tabla 16: Presupuesto de Materiales del Proyecto.**

Fuente: Elaboración Propia

Materiales asignado al proyecto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total
SHIELD GSM SIM 900.	Unidad	1	S/.190.00	S/.190.00
Sensor de Movimiento.	Unidad	2	S/.10.00	S/.20.00
Sensor Magnético.	Unidad	4	S/.15.00	S/.60.00
dsPIC30f3014.	Unidad	1	S/.50.00	S/.50.00
PIC18F2550.	Unidad	1	S/.20.00	S/.20.00
Componentes electrónicos para Módulo de Desarrollo.	Kit	1	S/.40.00	S/.40.00
Placa de fibra de vidrio para el Módulo de Desarrollo.	Unidad	1	S/.40.00	S/.40.00
Componentes para el Circuito de Potencia	Kit	3	S/.6.00	S/.18.00
Placa de fibra de vidrio para el Circuito de Potencia.	Unidad	3	S/.1.00	S/.3.00
Pulsador y cable Flat	kit	1	S/.6.00	S/.6.00
Tornillos con tarugos.	Kit	1	S/.5.00	S/.5.00
Fuente de alimentación	Unidad	1	S/.20.00	S/.20.00
Sirena de alarma	Unidad	1	S/.18.00	S/.18.00
Luz Circulina.	Unidad	1	S/.24.00	S/.24.00
Foco y soquete	Kit	1	S/.11.00	S/.11.00
Cable UTP Cat5e.	Paquete	1	S/.140.00	S/.140.00
Cable siliconado rojo y negro.	Paquete	1	S/.40.00	S/.40.00
Cables Jumper	Unidad	80	0.225	S/.18.00
Chip	unidad	1	S/.5.00	S/.5.00
Paquete de mensaje	Millar	1	S/.13.00	S/.13.00
Caja solera	Unidad	1	S/.40.00	S/.40.00
Instalación del sistema				S/.500.00
<b>Total</b>				<b>S/.1,281.00</b>

Se debe aclarar que en el presente proyecto el costo de los materiales fue asumido por los participantes de este proyecto, debido a que este surgió como una propuesta de parte de ellos al ver una oportunidad para desarrollar tal

proyecto; recibiendo una respuesta positiva por parte de la empresa. En razón a esto, índices como el VAN y el TIR no son aplicables ya que no hubo un desembolso de dinero, como inversión, por el cual se espere un retorno. Lo que si busca el proyecto es brindar seguridad a la empresa, lo cual se puede traducir en un ahorro para esta. Mediante la Tabla 17, se busca el costo beneficio del proyecto en comparación con otras empresas del rubro de seguridad.

**Tabla 17: Cuadro comparativo Costo Beneficio.**

Fuente: Elaboración Propia

Costo de Proyecto Anual		
Proseguro	Proyecto Propuesto	Diferencia de Costo a favor de la Empresa FC&B S.A.C.
S/. 78,000.00	S/. 1,281.00	S/. 76,719.00
Otras empresas de servicio de vigilancia	Proyecto Propuesto	Diferencia de Costo a favor de la Empresa FC&B S.A.C.
S/. 16,800.00	S/. 1,281.00	S/. 15,519.00

#### **4.1.3 Cronograma**

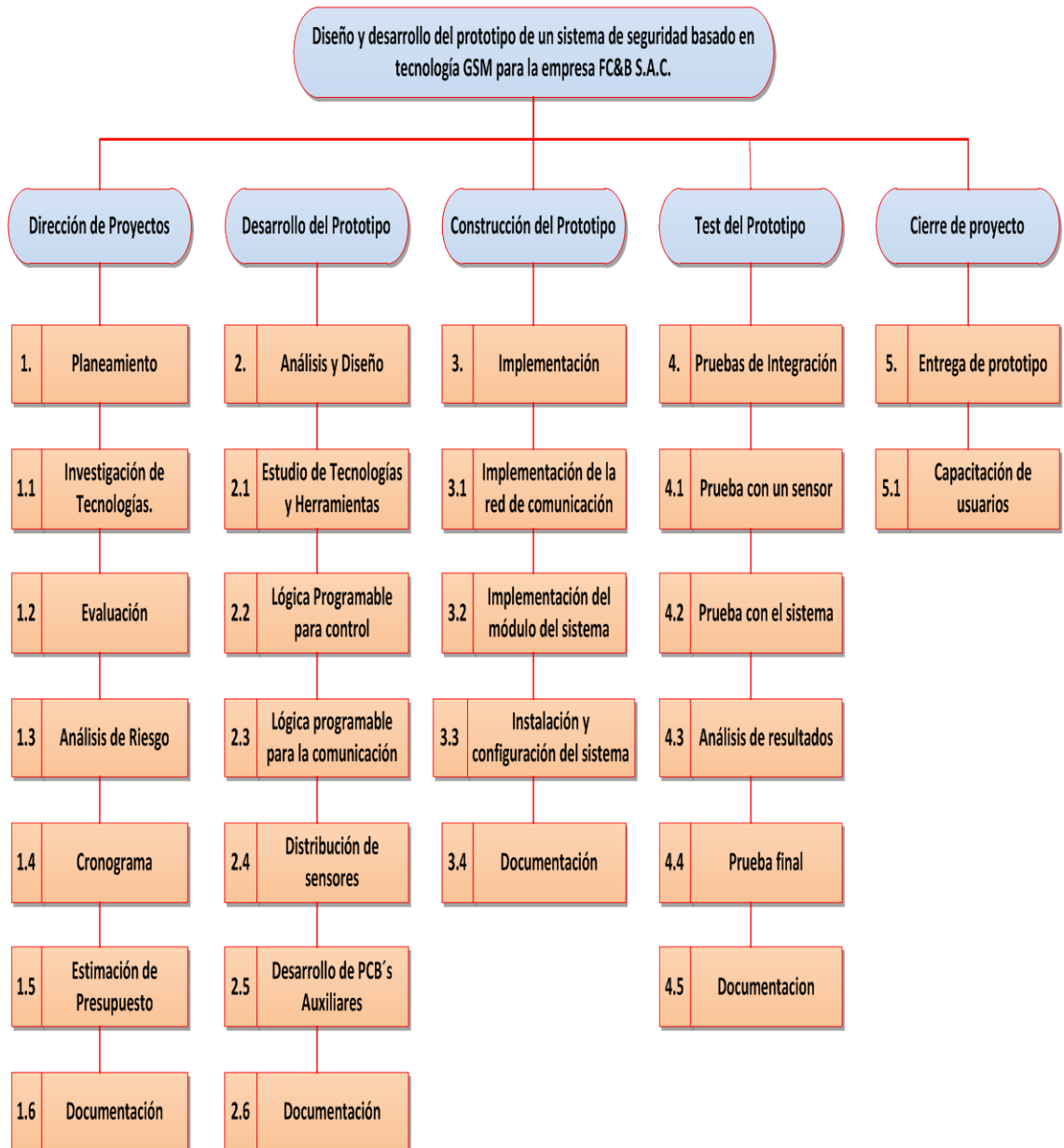
Para la elaboración del cronograma en primer lugar se tuvo que identificar las diferentes tareas que implicaba el desarrollo del proyecto, determinar el tiempo que tomaría cada una de ellas y planificar y programar estas en un determinado tiempo.

##### **4.1.3.1 Elaboración de WBS o EDT**

El WBS (Work Breakdown Structure) o EDT (Estructura de desglose del trabajo) consiste en una descomposición jerárquica basada en los entregables del trabajo, los cuales deben de ejecutarse para lograr los objetivos del proyecto, y definen el alcance del proyecto. Esta descomposición subdivide los entregables en elementos más pequeños llamados paquetes de trabajo (Project Management Institute, 2008). En la Figura 35 se muestra el WBS del presente proyecto, organizado en fases y seguidos de los entregables de este.

**Figura 35: WBS del Proyecto.**

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.1.3.2 Diccionario del WBS o EDT

El diccionario del WBS proporciona una descripción más detallada de los componentes del WBS. En la Tabla 18 se muestra el diccionario del presente proyecto.

**Tabla 18: Diccionario del WBS.**

Fuente: Elaboración Propia

Nombre del Proyecto:		
<b>Diseño y desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa FC&amp;B S.A.C.</b>		
Especificación de Paquetes de Trabajo del WBS.		
Descripción de cada Paquete de Trabajo.		
Etapa 1 Planeamiento.	1.1 Investigación de Tecnologías.	Estudio de la tecnología disponible en el mercado.
	1.2 Evaluación.	Evaluación de la viabilidad del proyecto.
	1.3 Análisis de Riesgo.	Definir problemáticas que puedan presentarse durante el proyecto.
	1.4 Cronograma.	Controla las actividades desarrolladas durante el proyecto.
	1.5 Estimación de Presupuesto.	Análisis de los gastos.
	1.6 Documentación.	Informe del planeamiento.
Etapa 2 Análisis y Diseño.	2.1 Estudio de las Tecnologías y Herramientas.	Aprendizaje de temas a usar en el proyecto.
	2.2 Lógica Programable para el control.	Diseño de algoritmos de control y monitoreo de sensores y actuadores.
	2.3 Lógica Programable para la comunicación.	Diseño de algoritmos para la transmisión y recepción de SMS.
	2.4 Distribución de Sensores.	Ubicar correctamente los sensores para una mejor cobertura.
	2.5 Desarrollo de PCB's Auxiliares.	Elaboración de circuitos complementarios.
	2.6 Documentación.	Informe de Análisis y Diseño.
Etapa 3 Implementación.	3.1 Implementación de la red de comunicación.	Montar el cableado.
	3.2 Implementación del módulo del sistema.	Montaje de los dispositivos electrónicos en el módulo.
	3.3 Instalación y configuración del sistema.	Puesta en marcha del sistema.
	3.4 Documentación.	Informe de implementación.
Etapa 4 Pruebas de Integración.	4.1 Prueba con un sensor.	Evalúa la comunicación y registra los primeros posibles fallos.
	4.2 Prueba con el sistema.	Evalúa el funcionamiento y registra posible fallas del sistema.
	4.3 Análisis de Resultados.	Identificar los fallos y buscar mejoras por hacer.
	4.4 Prueba Final.	Evalúa las mejoras aplicadas y eficiencia del sistema.
	4.5 Documentación	Informa de Pruebas.
Etapa 5 Entrega de Prototipo	5.1 Capacitación de usuarios.	Capacitar a los usuarios del funcionamiento del sistema.

#### **4.1.3.3 Cronograma de Actividades**

Desarrollar el cronograma es el proceso que consiste en analizar el orden de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones para crear

el cronograma del proyecto. La incorporación de estas a la planificación hace posible un cronograma con fechas planificadas para completar las actividades (Project Management Institute, 2008). En la Tabla 19 se muestra el cronograma del presente proyecto.

**Tabla 19: Cronograma de Actividades.**

Fuente: Elaboración Propia

ID	Nombre de la Tarea	Duración (Días)
<b>A</b>	<b>Etapa 1: Planeamiento</b>	
	1.1 Investigación de Tecnologías.	4
	1.2 Evaluación.	2
	1.3 Análisis de Riesgos.	2
	1.4 Cronograma.	2
	1.5 Estimación de Presupuesto.	2
	1.6 Documentación.	2
<b>B</b>	<b>Etapa 2: Análisis y Diseño.</b>	
	2.1 Estudio de las Tecnologías y Herramientas a usar.	7
	2.2 Lógica Programable para el control.	7
	2.3 Lógica Programable para la comunicación.	5
	2.4 Distribución de Sensores.	4
	2.5 Desarrollo de PCB's auxiliares.	3
	2.6 Documentación.	2
<b>C</b>	<b>Etapa 3: Implementación.</b>	
	3.1 Implementación de la red de comunicación.	3
	3.2 Implementación del módulo del sistema.	2
	3.3 Instalación y configuración del sistema.	2
	3.4 Documentación.	2
<b>D</b>	<b>Etapa 4: Pruebas de Integración.</b>	
	4.1 Prueba con un sensor.	2
	4.2 Prueba con el sistema.	10
	4.3 Análisis de Resultados.	3
	4.4 Prueba Final.	10
	4.5 Documentación.	2
<b>E</b>	<b>Etapa 5: Entrega de Prototipo</b>	
	5.1 Capacitación de usuarios.	1

#### 4.1.3.4 Diagrama de Gantt

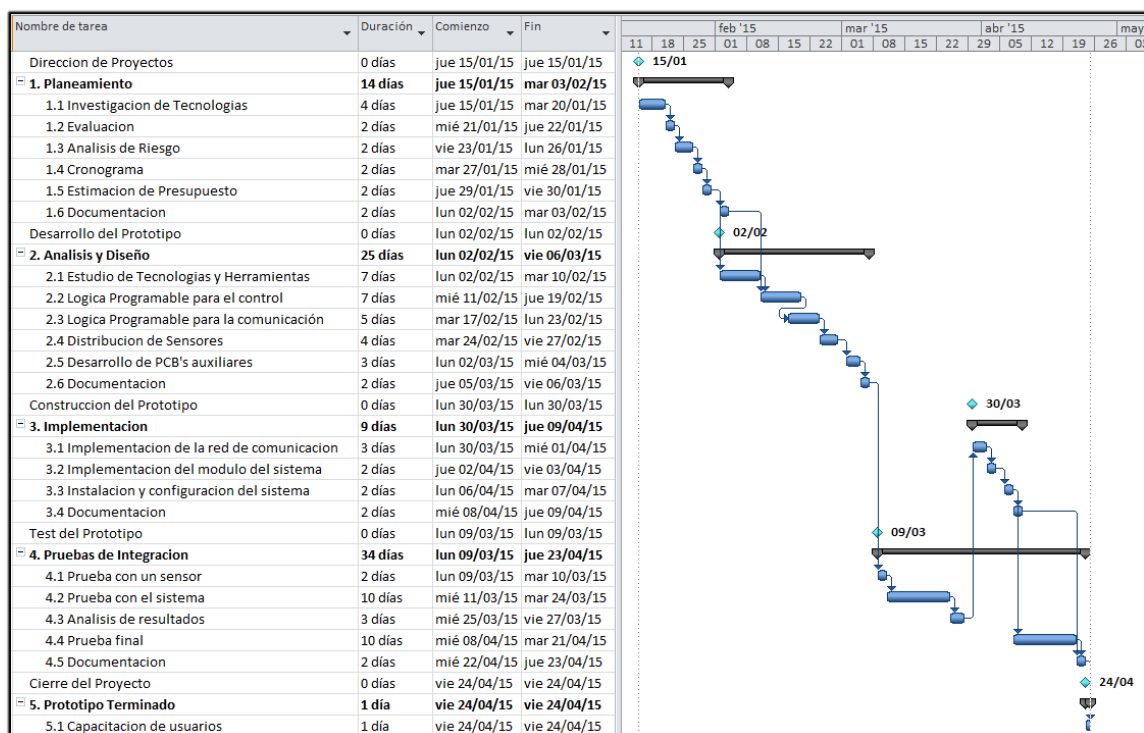
El Diagrama de Gantt es una herramienta que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un determinado periodo de tiempo. En la Figura 36 se muestra



el Diagrama de Gantt del proyecto, el cual registra la duración de las tareas de este; mientras que en la Figura 37 se muestra el Diagrama de Fases e Hitos del Proyecto, en donde cada hito indica el inicio de cada fase del proyecto. Finalmente, en la Figura 38 se visualiza en rojo la Ruta Crítica del proyecto.

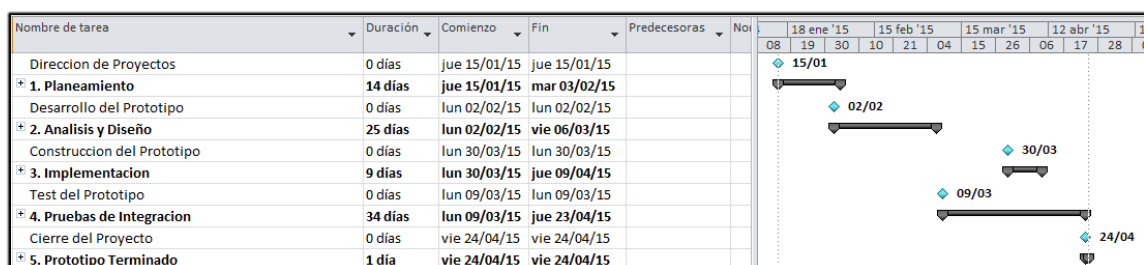
**Figura 36: Diagrama de Gantt del Proyecto.**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 37: Diagrama de Fases e Hitos del Proyecto.**

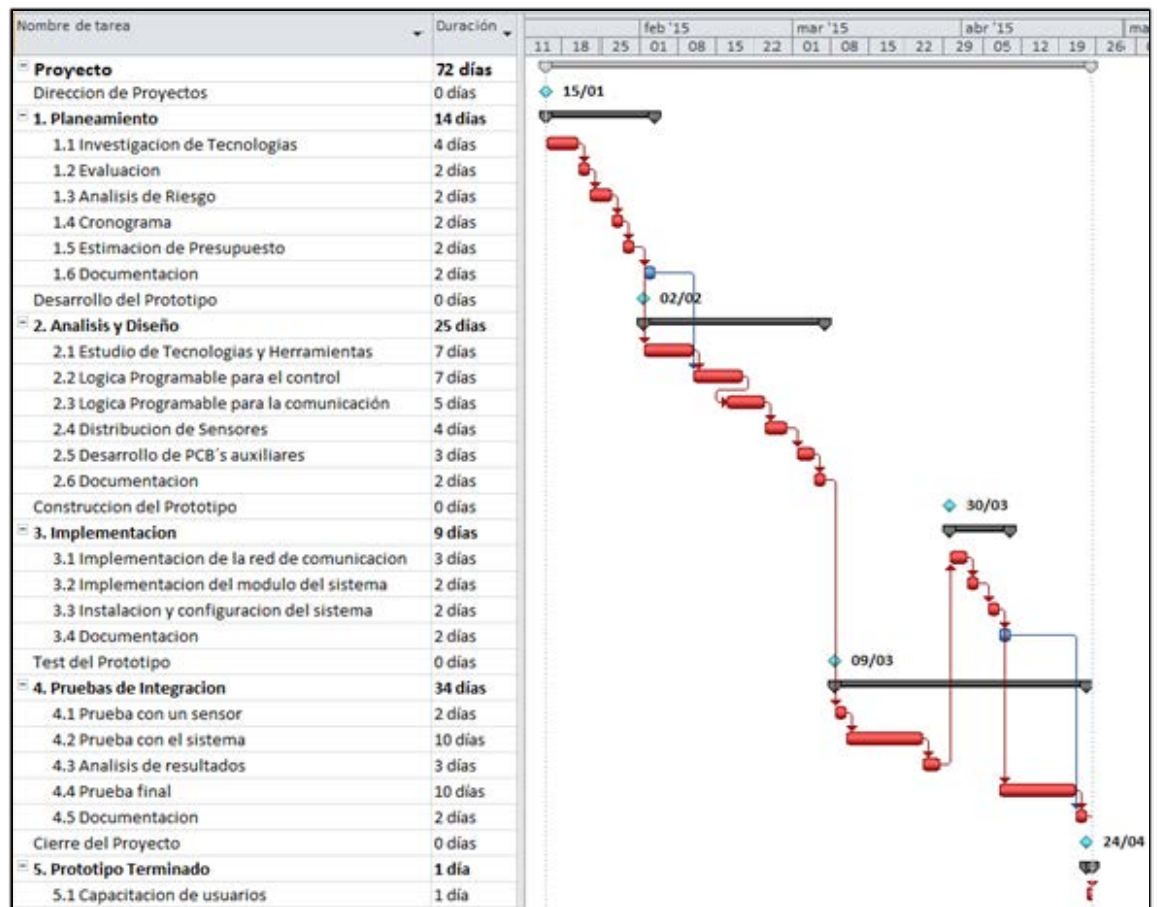
Fuente: Elaboración Propia





**Figura 38: Ruta Crítica del Proyecto.**

Fuente: Elaboración Propia



## **CONCLUSIONES**

El presente trabajo permitió adquirir experiencia y conocimientos, además de consolidar los adquiridos en la universidad, que serán de gran utilidad en el ámbito profesional. Así también, el desarrollo de aptitudes que nos permitan llevar a cabo un trabajo de investigación más complejo. Del desarrollo del trabajo se puede concluir:

- Se logró la correcta instalación de los dispositivos de adquisición datos, lo que permitió la correcta comunicación entre estos; además superar las dificultades que se presentaron, como eliminar las señales falsas que activaban al sistema.
- Se obtuvo una lógica de programación eficiente que permitió la integración en conjunto entre los dispositivos y el módulo GSM. Para lograr ello se priorizó la organización de la programación y se determinó las condiciones generales.
- Se alcanzó un apropiado funcionamiento de las tareas asignadas al sistema, esto deja abierta la posibilidad de desarrollar nuevas tareas a solicitud del usuario.
- A la implementación de este prototipo se le podría agregar nuevos dispositivos de seguridad, además de llevar a cabo su extensión al otro local de la empresa. Para esto, se deberá evaluar si es posible el monitoreo de ambos locales sólo por un sistema o será necesario uno en cada local; pero evitando modificar significativamente el prototipo.

## **BIBLIOGRAFIA**

Arduino (2015). *What is Arduino?* Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

España, M. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación* (pp. 144-145). Madrid, España: Díaz de Santos.

Forero, N. (2012). Normas de Comunicación en Serie: RS-232, RS-422 y RS-485. *Revista Ingenio Libre*, 11. Recuperado el 6 de Octubre de 2015, de <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista-11/art13.pdf>

Hidalgo, W. (2015) *Diseño e implementación de un sistema de Adquisición de señales biométricas mediante Mensajes SMS*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3790/98T00060.pdf?sequence=1>

Huidobro, J. (2005). *Sistemas Telemáticos* (3ª Ed). Madrid, España: Paraninfo. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de [https://books.google.com.pe/books?id=epcG9USnmqUC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=que+son+los+comandos+at&source=bl&ots=84SDfbuv\\_K&sig=9WDueGkeld\\_fzgX\\_ARJNuqbWjH0&hl=en&sa=X&sqi=2&redir\\_esc=y#v=onepage&q=que%20son%20los%20comandos%20at&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=epcG9USnmqUC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=que+son+los+comandos+at&source=bl&ots=84SDfbuv_K&sig=9WDueGkeld_fzgX_ARJNuqbWjH0&hl=en&sa=X&sqi=2&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20son%20los%20comandos%20at&f=false)

Kodavati, B., et al (s.f.). *GSM and GPS based vehicle location and tracking System*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de <http://www.ijera.com/papers/vol%201%20issue%203/ZF013616625.pdf>

Miguez, M (2013, Enero). *¿Qué es un detector magnético de apertura?*. Recuperado el 3 de Octubre 2015, de <http://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/%C2%BFque-es-un-detector-magnetico-de-apertura.html>

Ministerio del Interior Observatorio Nacional de Seguridad Ciudadana (2015). *Ficha informativa sobre seguridad ciudadana del distrito de Puente Piedra*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2015, de <http://conasec.mininter.gob.pe/obnasec/puentepiedra.html>

Montania, A. (2013, Julio). Todo sobre desarrollo. *GSM / GPRS Modem*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de <http://adalmontania.blogspot.pe/2013/07/gsm-gprs-modem.html>

Murray, W., Pappas, C. (1994). *Microsoft C/C++ 7: manual de referencia* (pp. 119-126). Madrid, España: McGraw-Hill.

M2Mcom (2007). *Wireless modules / GSM / GPRS SIM900*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de <http://www.simcom.eu/index.php?m=termekek&prime=1&sub=40&id=0000000147&page=1>

NI (2004). *Comunicación Serial: Conceptos Generales*. Recuperado el 5 de Octubre de 2015, de <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>

Nicola, F. (s.f.). *REDES CELULARES (GSM, GPRS)*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de <http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesGSM.pdf>

Pavon, C., Cruz, O. (s.f.). *Historia, manejo y aplicaciones de los controladores digitales de señales dspic*. Recuperado el 3 de Octubre 2015, de <https://electrouni.files.wordpress.com/2010/12/dspic.pdf>

Project Management Institute (2008). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (4ª Ed)*. Pennsylvania, USA: PMI Publications.

SIMCOM (2013). *SIM900\_Hardware Design\_V2.05* (pp. 14-15). Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de [http://media.micel.ee/simcom/SIM900/SIM900\\_Hardware%20Design\\_V2.05.pdf](http://media.micel.ee/simcom/SIM900/SIM900_Hardware%20Design_V2.05.pdf)

SIMCOM (2015). *SIM900\_AT Command Manual\_V1.03* (pp. 12-13). Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de [http://www.geeetech.com/Documents/SIM900\\_AT\\_Command\\_Manual\\_V1.03.pdf](http://www.geeetech.com/Documents/SIM900_AT_Command_Manual_V1.03.pdf)

Villacrés, E. (2013). *Desarrollo de un prototipo de Asistencia Móvil para personas con problemas de Insuficiencia Auditiva mediante comunicación Zigbee y su Monitorización usando Tecnología GSM*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5376/1/UPS-ST001035.pdf>

Villegas, J. (2012, Febrero). *Que es un detector de movimiento pasivo o PIR?*. Recuperado el 3 de Octubre 2015, de <http://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/que-es-un-detector-de-movimiento-pasivo-o-pir.html>

Waite, M., Prata, S. y Martin, D. (1985.) *Programación en C. Introducción y conceptos avanzados* (pp. 14-21). Madrid, España: Anaya Multimedia.

Wheat, Hiser, Tucker, Neely y McCullough (s.f.). *Designing a Wireless Network* (pp. 153) Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de <http://www.microalcarria.com/descargas/documentos/Wireless/Designing%20a%20Wireless%20network.pdf>

330ohms (2013). *¿Qué son los actuadores electrónicos?*. Recuperado el 3 de Octubre 2015, de [http://www.330ohms.com/Qu-son-los-actuadores-electrnicos\\_b\\_5.html](http://www.330ohms.com/Qu-son-los-actuadores-electrnicos_b_5.html)

